ПОСТОЯННАЯ ЧАСТЬ

РУССКИЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ



ЧЕТВЕРТОЕ ИЗДАНИЕ



1930

НИЖЕГОРОДСКИЙ КРУЖОК ЛЮБИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

РУССКИЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

ПОСТОЯННАЯ ЧАСТЬ

ИЗДАНИЕ IV

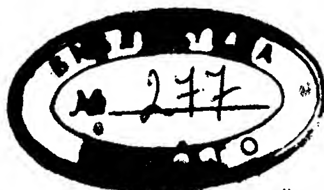
переработанное, с 138 иллюстрациями в тексте, 5 таблицами на отдельных листах, 1 диаграммой и 3 сетками на кальке, картой часовых поясов и подвижной картой звездного неба.

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

М. А. БОРЧЕВА и *Г. Г. ГОРЯИНОВА*

ПРИ БЛИЖАЙШЕМ УЧАСТИИ

М. А. Касаткина, А. В. Виноградова, Б. В. Кукаркина, В. С. Лазаревского, М. Е. Набокова и *Н. Д. Работнова.*



НИЖЕГОРОДСКИЙ
КРУЖОК ЛЮБИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

НИЖНИЙ-НОВГОРОД — 1930

Печатано по распоряжению Правления Нижегородского Кружка Любителей Физики и Астрономии. 18 июня 1929.

Председатель
В. В. МУРАШЕВ.

ОТПЕЧАТАНО
в тип. «Нижполиграф», Варварка, 32, в количестве 6000 экземпл., Нижкрайлит № 3854.
Заказ № 1813.

Предыдущее третье издание постоянной части Русского Астрономического Календаря полностью разошлось еще в 1918 году. Финансовые затруднения и ряд других причин лишили Кружок возможности своевременно осуществить выпуск IV издания, и только в 1927 году, благодаря субсидиям, полученным от Главнауки и Нижегородского Губернского Отдела Народного Образования, издание было обеспечено с материальной стороны.

Финансовая поддержка, оказанная Кружку правительственными органами, и неизменная готовность к содействию и сотрудничеству в издании, проявленная научными учреждениями, любительскими обществами, отдельными специалистами и любителями, особенно важны для Кружка, как положительная оценка научно-просветительной деятельности Кружка и стимул к ее дальнейшему развитию. Всем организациям и лицам, содействовавшим изданию, Кружок приносит глубокую благодарность.

ПРАВЛЕНИЕ КРУЖКА.

ПРЕДИСЛОВИЕ К IV ИЗДАНИЮ

Цель настоящего издания, как и предыдущих, — служить справочником и руководством для любителя астрономии, по преимуществу для любителя-наблюдателя. Являясь результатом коллективного труда многих лиц и будучи предназначено для удовлетворения запросов различных кругов читателей, издание, по неизбежности, не может быть вполне однородным, как по стилю, так и по относительной трудности различных его отделов. В большей части своего содержания книга, однако, явится вполне доступной для читателя со средним образованием. Наиболее трудные и специальные статьи выделены редакцией в виде добавлений к отделам.

Следует указать, что первый и второй отделы имеют главным своим назначением помочь начинающему наблюдателю сознательно ориентироваться на небе и ввести его в круг знаний необходимых при пользовании таблицами переменной части; заменой систематического курса описательной астрономии эти отделы служить не могут.

Значительный срок, протекший со времени выхода III издания, естественно об'ясняет ряд крупных изменений, внесенных в настоящее издание. Содержание книги подверглось коренной переработке; все отделы написаны заново, причем об'ем книги увеличился почти втрое. Из наиболее существенных изменений и дополнений можно указать следующие:

1) в целях большей связности изложения произведена перегруппировка материала по отделам; статья об астрономической трубе и библиография выделены в самостоятельные отделы;

2) включен ряд новых статей, из которых следует отметить статьи о вычислении солнечных затмений, радиосигналах времени и о корреляции;

3) введен отдел инструкций для систематических астрономических наблюдений средствами любителя; все инструкции (кроме инструкций для наблюдений Луны и планет) выработаны Русским Обществом Любителей Мироведения;

4) включено около 20 новых справочных и вспомогательных таблиц.

Особое внимание было уделено и внешней стороне издания; почти все иллюстрации заменены новыми, и число их увеличено с 53 до 138.

Несмотря на значительное расширение об'ема издания, редакция была лишена возможности использовать весь материал, имевшийся в ее распоряжении, т. к. это повело бы к значительному увеличению стоимости книги и надолго задержало бы выход ее из печати.

Редакция считает своим долгом выразить глубокую благодарность типографии „Нижполиграф" за внимание и предупредительность, проявленные последней при печатании издания.

Все указания о замеченных недочетах и о желательных изменениях и дополнениях в последующих изданиях будут приняты редакцией с признательностью.

РЕДАКЦИЯ.

СОСТАВ СОТРУДНИКОВ

Отд. I. Солнечная система и звезды.

Солнечная система. - *В. С. Лазаревский* и *А. В. Виноградов.*
Звезды — *проф. К. Л. Баев, М. А. Борчев, М. Е. Набоков* и *Б. В. Кукаркин.*

Отд. II. Элементы сферической и теоретической астрономии — *М. А. Борчев, А. В. Виноградов, Г. Г. Горяинов* и *М. А. Касаткин.*

Добавление. 1. Вычисление покрытий звезд Луною — *В. Е. Кувичинский.*

Добавление. 2. Вычисление солнечных затмений и покрытий звезд Луною — *М. А. Касаткин.*

Отд. III. Задачи практической астрономии.

§§ 1—8 составлены и частично переработаны по материалам III издания *М. А. Борчевым* (§§ 1—5) и *М. А. Касаткиным* (§§ 6—8).

§ 9. Радиосигналы времени — *Н. И. Днепровский* и *А. П. Константинов.*

Добавление. 1. Интерполирование — *М. А. Касаткин.*

Добавление. 2. Корреляция — *Н. Д. Работнов.*

Отд IV. Астрономическая труба — *С. В. Муратов* и *М. А. Борчев.*

Отд. V. Инструкции для наблюдений.

1. Инструкция для наблюдений Солнца — *В. В. Шаронов.*

2. Инструкция для наблюдений Луны — *Г. Г. Тюрк.*

3. Инструкция для наблюдений покрытий звезд Луною — *Г. Г. Ленгауэр.*

4. Инструкция для наблюдений планет — *Б. А. Воронцов-Вельяминов, В. В. Федынский, Н. П. Санютин.*

5. Инструкция для наблюдений комет — *С. М. Селиванов.*

6. Инструкция для наблюдений отдельных метеоров, болидов и метеоритов — *Л. А. Кулик.*

7. Инструкция для наблюдений падающих звезд — *В. А. Мальцев.*

8. Инструкция для наблюдений зодиакального света — *С. М. Селиванов.*

9 Инструкция для наблюдений переменных звезд — *С. М. Селиванов.*

10. Инструкция для наблюдений цвета звезд — *Г. А. Тихов.*

11 Инструкция для наблюдений геофизических явлений, имеющих значение для астронома-любителя — *А. А Рождественский, Д. О. Святский, С. М. Селиванов,* и *Н. Т. Турчинович.*

12. Инструкция для наблюдений атмосферного режима — *А. Н. Васильев.*

Отд. VI. Таблицы. — *М. А. Борчев* (табл. 10 вычисл. *В. Е. Кувичинский*, табл. 21 сост. *В. А. Мальцев* и табл. 27 — *Б. В. Кукаркин*).

Отд. VII. Астрономическая библиография.—*А. В. Виноградов.*

Подвижную карту звездного неба составил и начертил *В. С. Лазаревский.*

Карта часовых поясов — *М. А. Касаткин;* диаграмма и сетка для определения размеров и координат солн. пятен — *Е. Л. Кринов;* координатные сетки планет — *Н. Ф. Флоря.* Большинство чертежей II и III отделов исполнено *Н. А. Потехиным.*

Редакция приносит глубокую благодарность всем лицам, содействовавшим изданию редакторским просмотром отдельных статей, присылкой материалов и т. п.: *В. В. Адрианову, А. Н. Высотскому, А. С. Миролюбовой, проф. А. А Михайлову, В. В. Мурашеву, Б. А. Остроумову, П. П. Паренаго, Н. И. Судакову, Вл. А. Тихову, С. В. Щербакову, С. И. Щукину.*

СОДЕРЖАНИЕ

ОТДЕЛ I

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА И ЗВЕЗДЫ

ОТДЕЛ I.

Солнечная система и звезды.

Солнечная система.

Все видимые нами небесные светила по своим расстояниям от Земли делятся на две группы. К первой из них мы относим тела солнечной системы, — яркое Солнце, с обращающимися вокруг него планетами, спутника Земли — Луну, кометы, изредка появляющиеся на небесном своде, и, наконец, падающие звезды — мелкие космические тела, притягиваемые Землей и сгорающие в ее атмосфере. Ко второй группе принадлежат звезды, усеивающие ночное небо, туманности и Млечный Путь, в свою очередь состоящий из огромного количества мелких звезд.

Расстояния даже ближайших к нам звезд в десятки тысяч раз превосходят масштабы нашей солнечной системы, и само Солнце является лишь сравнительно скромной по размерам звездой, затерянной в безграничных пространствах вселенной.

СОЛНЦЕ.

Солнце—центральное тело солнечной системы—представляет собою гигантскую сферу газа, обладающего чрезвычайно высокой температурой. При наблюдении простым глазом через темное стекло, его поверхность кажется равномерно яркой. В трубу, когда воздух прозрачен, при достаточно сильном увеличении можно заметить, что поверхность Солнца, называемая *фотосферой*, имеет зернистое строение (грануляцию), напоминающее своим видом молоко, в котором плавают разбухшие рисовые зерна. Края солнечного диска кажутся менее яркими, чем его центральная часть—это обстоятельство доказывает наличие у Солнца атмосферы.

Наиболее заметными образованиями на диске Солнца являются *пятна*. Типичное пятно состоит из темного *ядра*· окруженного более светлой, серой каймой — *полутенью*,

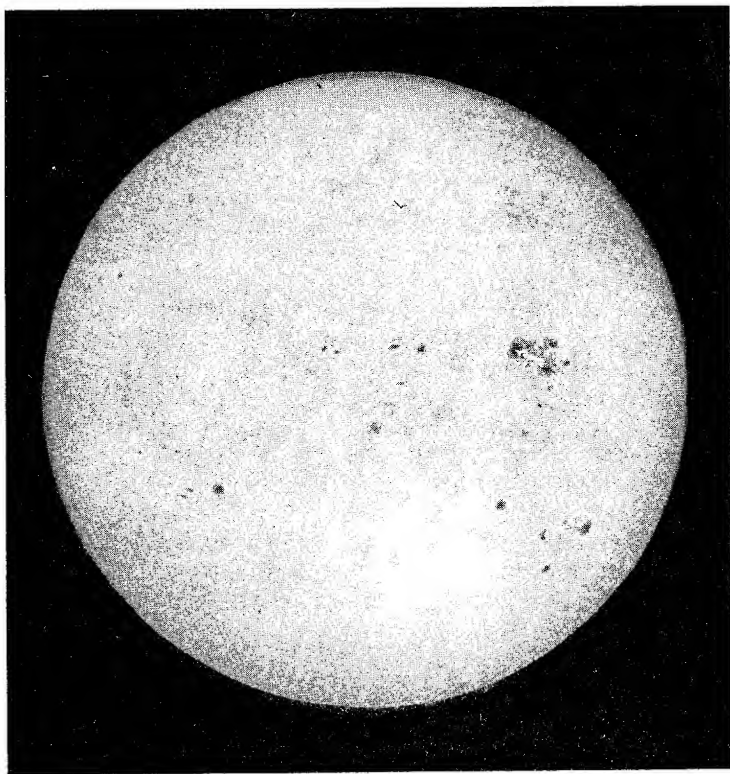


Рис. 1. Солнце.

С фотографии обсерватории Маунт Вильсон 12 августа 1927

Границы ядра и полутени обычно очень резки. Весьма часто встречаются мелкие пятна, лишенные полутени — их называют *порами*. Солнечные пятна являются очень недолговечными образованиями. Время их существования измеря-

ется сутками и лишь в немногих случаях месяцами. Внешний вид пятна подвержен быстрым изменениям; бывают случаи, когда пятно делится на части, или когда полутени нескольких пятен сливаются в одно целое. Пятна редко существуют поодиночке. Чаще они наблюдаются группами, при чем каждая такая группа живет своей обособленной жизнью. По новейшим теориям группа представляет собой громадный вихрь в глубинах Солнца, проявляющийся на поверхности в виде ряда пятен.

Солнечные пятна имеют видимое движение, перемещаясь по диску Солнца слева направо. Из движения пятен выведено, что Солнце вращается вокруг оси приблизительно

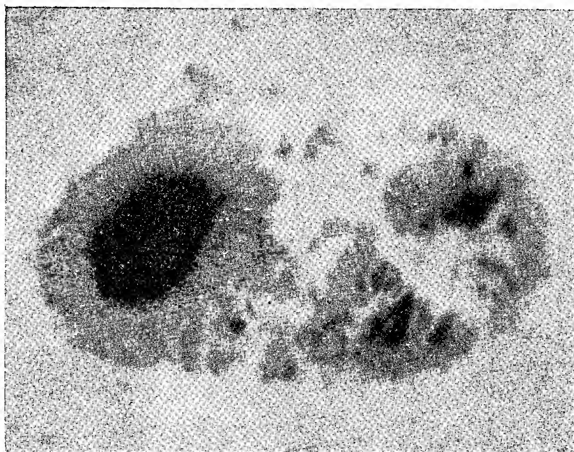


Рис. 2. Группа солнечных пятен.

С фотографии А. П. Ганского 13 августа 1906.

в 25 суток, при чем период вращения для различных зон неодинаков, т.-е. Солнце вращается не как твердое тело. Близ экватора период вращения составляет около 24.6 суток, а под широтой 35° достигает 26.6 суток. Наиболее часто пятна бывают видны в двух поясах, простирающихся от 6° до 35° по обе стороны солнечного экватора. Направ-

ление видимых путей пятен неодинаково в различные времена года, т.-к. ось вращения Солнца наклонена к плоскости эклиптики (рис. 3). Помимо видимого движения пятен иногда имеет место и незначительное действительное перемещение их по диску Солнца.

Количество пятен, видимых на Солнце, из года в год изменяется. Эпохи максимумов и минимумов числа пятен повторяются в среднем через 11.3 года, но этот период испытывает сильные колебания, как по своей продолжитель-

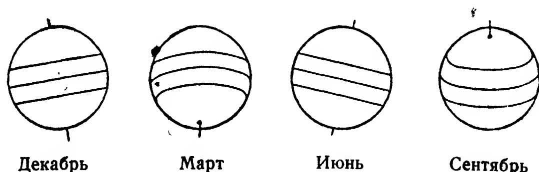


Рис. 3. Видимые пути солнечных пятен в различные времена года.

ности, так и по интенсивности пятнообразовательной деятельности Солнца. Вблизи пятен обычно бывают видны *факелы* — светлые массы, имеющие форму блестящих узелков с отходящими в разные стороны отростками причудливой формы. Факелы легче всего наблюдать у краев солнечного диска.

Слой солнечной атмосферы толщиною около 1000 *км*, лежащий непосредственно над фотосферой, называется *обращающим слоем*. Он состоит из раскаленных паров различных химических элементов; поглощая свет фотосферы, он производит темные линии солнечного спектра. Температура этого слоя составляет около 6500°; температура внутренних слоев Солнца гораздо выше и по теоретическим соображениям достигает 40 000 000°.

Выше над обращающим слоем простирается т.-н. *хромосфера*. Она имеет высоту порядка 10000 *км*, окрашена в ярко красный цвет и состоит главным образом из водорода и гелия. Внешний край хромосферы изрезан огненными выступами, т.-н. *протуберанцами*. Они представляют собой облака раскаленного газа, держащиеся на большой высоте и сохраняющие свою форму иногда в течение нескольких дней. Реже этих *спокойных* протуберанцев (водород-

ных) наблюдаются *эруптивные* протуберанцы, — могущественные извержения паров металлов, иногда достигающие высоты нескольких сот тысяч *км* и существующие весьма непродолжительное время. Хромосфера и протуберанцы доступны непосредственному наблюдению во время солнечных затмений, но с помощью спектроскопа их можно наблюдать в любое время.

Внешняя часть солнечной атмосферы—*солнечная корона*— бывает видна исключительно во время полных солнечных затмений. Она представляется нам нежным жемчужно-матовым сиянием, простирающим свои лучи на расстояния, измеряемые несколькими диаметрами солнечного диска. Форма короны изменяется от одного затмения к другому и находится в связи с 11-летним периодом солнечных пятен. По современным взглядам, корона состоит из твердых пылеобразных частиц и крайне разреженного газа.

ЛУНА.

Луна является единственным спутником Земли и ближайшим к нам небесным телом. Она светит отраженным солнечным светом, и в зависимости от положения относительно Земли и Солнца показывает последовательную смену *фаз*. Напомним, что *новолунием* называется фаза, когда Луна находится между Солнцем и Землей и обращена к нам неосвещенной стороной, *первой четвертью* — фаза, когда освещена западная половина лунного диска, *полнолунием*—когда освещен весь диск, и *последней четвертью* — когда освещена восточная половина диска Луны. Эти фазы обозначаются соответственно значками 🌑, ☽, ○ и ☾. При малых фазах бывает видна и остальная часть диска

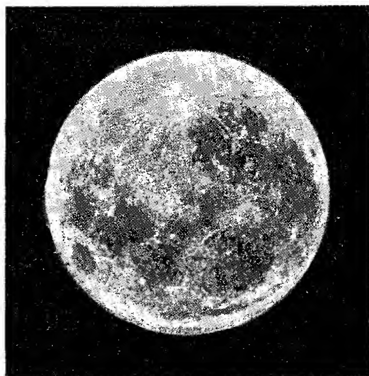


Рис. 4. Фотография полной Луны.

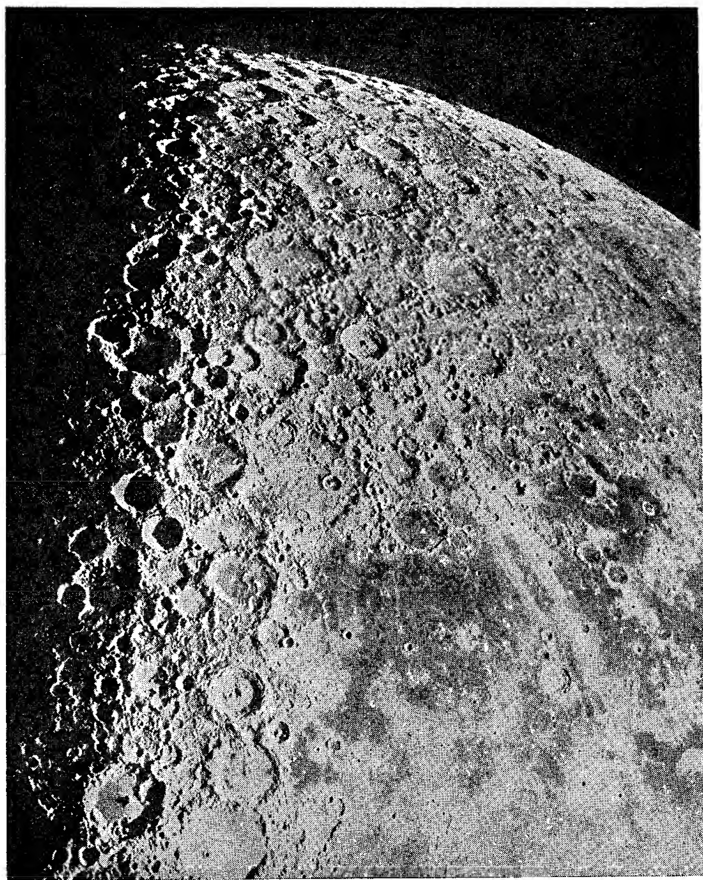


Рис. 5. Область Луны у южного полюса.

С фотографии в 100 дюймовый телескоп обсерватории Маунт Вильсон.

Луны, освещенная слабым сероватым сиянием. Это сияние называется *пепельным светом* и об'ясняется освещением темной стороны Луны солнечными лучами, отраженными от земной поверхности. При этом нам кажется, будто часть поверхности Луны, освещенная пепельным светом, вложена в яркий серп большего диаметра; это — оптический обман, обусловленный иррадиацией.

Луна постоянно обращена к Земле одной стороной. В этом можно убедиться, наблюдая пятна на ее поверхности, — они всегда видны на одних и тех же местах лунного диска. Благодаря *либрации*, наблюдениям доступно несколько более $^1/_2$ лунной поверхности.

Невооруженный глаз различает на Луне темные пятна; это обширные равнины, условно называемые „*морями*“. Когда Луна находится в фазе около первой четверти, у линии *терминатора* (светораздела), уже в полевой бинокль видна масса мелких деталей, среди которых прежде всего бросается в глаза большое количество кольцеобразных гор, носящих название *цирков* или *кратеров*. Помимо кратеров на Луне наблюдаются горные цепи, светлые лучи, расходящиеся радиусами от некоторых кратеров и особенно заметные близ полнолуния, и трещины лунной поверхности, имеющие вид узких черных полосок.

Всем этим образованиям присвоены собственные названия; в частности кратеры называются именами астрономов, преимущественно древних.

Вследствие близости к нам Луны детали ее поверхности изучены весьма хорошо, и имеются подробные лунные карты. С помощью карты Луны и самой малой астрономической трубы можно легко ознакомиться с главными деталями лунной поверхности; для наблюдений следует выбирать время около первой и последней четверти, когда благодаря теням, падающим от возвышений, рельеф поверхности выделяется особенно резко.

Ряд фактов—отсутствие водных площадей, облаков, неизменная четкость очертаний поверхности—показывает, что лунная атмосфера, если она существует, не может превышать $^1/_{2000}$ плотности земной атмосферы.

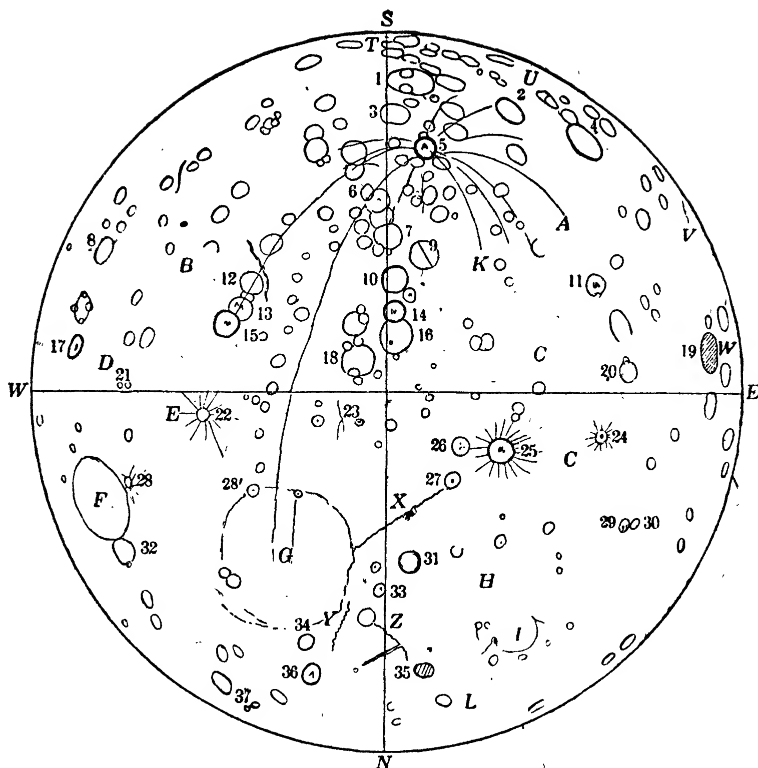


Рис. 6. Схематическая карта Луны.

A—море Влаги, *B*—море Нектара, *C*—океан Бурь, *D*—море Плодородия, *E*—море Спокойствия, *F*—море Опасностей, *G*—море Ясности, *H*—море Дождей, *I*—залив Радуг, *K*—море Облаков, *L*—море Холода, *T*—горы Лейбница, *U*—горы Дерфеля, *V*—горы Рока, *W*—горы Даламбера, *X*—Аппенины, *Y*—Кавказ, *Z*—Альпы.

Кратеры: 1) Клавий, 2) Шиллер, 3) Магинус, 4) Шиккард, 5) Тихо, 6) Вальтер, 7) Пурбах, 8) Петавий, 9) „Прямая стена", 10) Арзахель, 11) Гассенди, 12) Екатерина, 13) Кирилл, 14) Альфонс, 15) Теофил, 16) Птоломей, 17) Лангрен, 18) Гиппарх, 19) Гримальди, 20) Флемстид, 21) Мессье, 22) Маскелайн, 23) Тризнеккер, 24) Кеплер, 25) Коперник, 26) Стадий, 27) Эратосфен, 28) Прокл, 28′) Плиний, 29) Аристарх, 30) Геродот, 31) Архимед, 32) Клеомед, 33) Аристилл, 34) Эвдокс, 35) Платон, 36) Аристотель, 37) Эндимион.

Вследствие отсутствия атмосферы колебания температуры на поверхности Луны весьма значительны. В течение долгого лунного дня (14 суток) температура освещенной по-

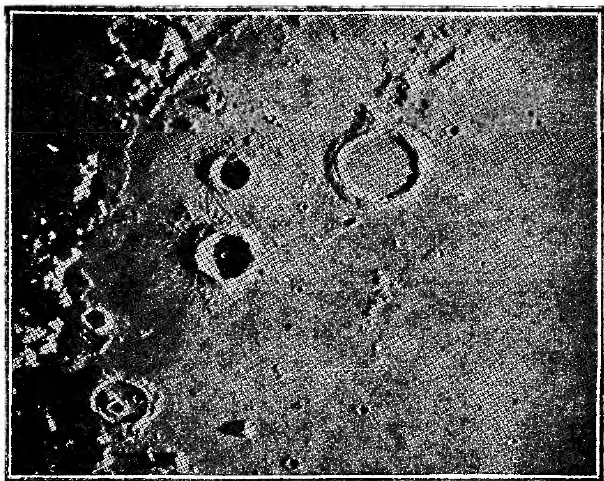


Рис. 7. Участок Луны с кратерами Архимед, Аристилл и Автолик.

С фотографии в 100 дюйм. телескоп обсерватории Маунт Вильсон.

верхности Луны может превышать $+100°C$, и падает вероятно ниже—$200°C$ за столь же долгую лунную ночь.

ЗАТМЕНИЯ И ПОКРЫТИЯ.

Луна, обращаясь вокруг Земли по орбите, наклоненной к эклиптике под углом в 5°, может, находясь близ одного из узлов, занять положение на одной прямой с Землей и Солнцем. В этих случаях, если Луна проходит между Солнцем и Землей, происходит *солнечное затмение* (Луна заслоняет от нас Солнце), если же Земля оказывается между Солнцем и Луной, то происходит *лунное затмение* (Луна попадает в конус тени, отбрасываемой Землей). Отсюда следует, что солнечные затмения могут быть только во время новолуний, а лунные—во время полнолуний.

Видимый диаметр Луны изменяется от $29^1/_2{}'$ до $33^1/_2{}'$, а видимый диаметр Солнца—от $31^1/_2{}'$ до $32^1/_2{}'$; поэтому во время затмений диск Луны может оказаться больше или меньше солнечного. В первом случае мы наблюдаем *полное*, во втором—*кольцеобразное* солнечное затмение. Если центр диска Луны пройдет выше или ниже центра диска Солнца, затмение будет *частным*.

Лунные затмения могут быть *полными* или *частными* в зависимости от того, погрузится ли вся Луна в земную тень, или заденет ее своим краем.

Солнечные затмения. Полное солнечное затмение принадлежит к числу наиболее эффектных астрономических

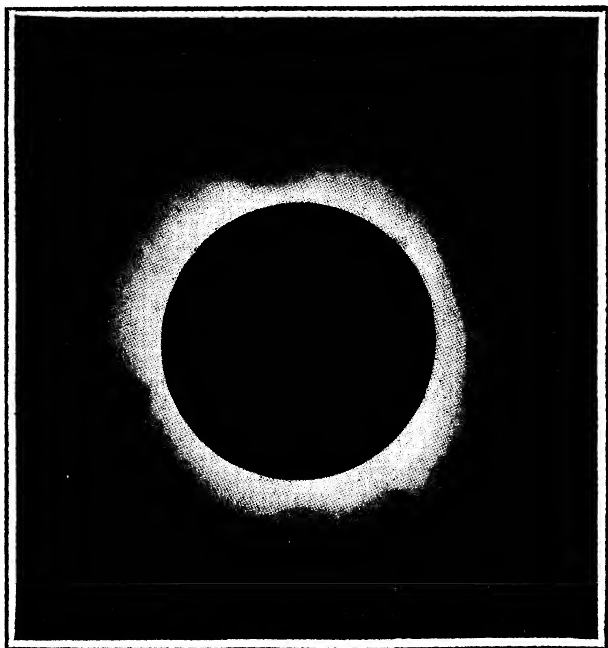


Рис. 8. Солнечная корона.

С фотографии Пулковской экспедиции для наблюдения солнечного затмения 29 июня 1927 в Malmberget (Швеция).

явлений. В тот момент, когда Луна, надвигаясь на Солнце с правой (западной) стороны, совершенно закроет диск Солнца, сразу наступает темнота; небо принимает мрачный голубовато-стальной цвет; лишь на горизонте остается оранжевая полоса—туда еще доходят лучи Солнца. Яркие звезды и планеты становятся видимыми невооруженным глазом. Вокруг закрытого Луною Солнца мы видим узкую каемку ярко-красной солнечной хромосферы и солнечную корону.

При кольцеобразных затмениях вокруг Луны остается видимым узкое кольцо солнечного диска.

Полная фаза не может продолжаться больше 8 минут, кольцеобразная—больше 12 минут; обычно продолжительность бывает значительно меньше.

Для каждого отдельного пункта земной поверхности полное затмение—явление очень редкое. Обычно оно бывает видимо в узкой полосе, редко превышающей 300 километров. Вне этой полосы затмение будет частным, а в более далеких местах затмения может и не быть: Луна пройдет выше или ниже Солнца. Частное затмение для определенного пункта явление не столь редкое, и бывает в среднем раз в 2—3 года.

Условия видимости каждого затмения в каком-нибудь географическом пункте, а именно: *контакты* (моменты начала и конца затмения), величина *наибольшей фазы*, показывающей, какая часть солнечного поперечника будет закрыта Луною и другие обстоятельства затмения определяются путем сложных вычислений. Изложение способа вычислений см. в приложении к отд. II.

Лунные затмения в противоположность солнечным можно наблюдать одновременно из всех пунктов Земли, где в это время Луна над горизонтом, т. к. она действительно затмевается, погружаясь в земную тень.

Тень вступает на лунный диск с левой (восточной) стороны. Диаметр тени на расстоянии Луны в $2^1/_2$ раза больше диска Луны, и поэтому полное затмение может продолжаться более часа. Вследствие преломления солнечных лучей в атмосфере Земли, часть их попадает внутрь конуса земной тени. Поэтому во время полного затмения

Луна остается видимой на небе, но свет ее сильно ослаблен, и она окрашена в темный красновато-коричневый цвет.

Общее число лунных и солнечных затмений, видимых вообще на Земле в течение года, может колебаться от двух до семи; если их два, то оба солнечные*).

Покрытия звезд и планет Луною. В своем движении по небесному своду Луна покрывает встречающиеся на ее пути звезды и планеты. Явление покрытий сходно с явлением солнечного затмения, и следовательно для различных мест земной поверхности будет иметь различный характер. Для одних наблюдателей звезда исчезнет за диском Луны на несколько минут, для других—на целый час; звезда будет как бы проходить по разным хордам лунного диска.

Звезда скрывается за краем Луны мгновенно; планета—в течение более или менее продолжительного времени, в зависимости от ее видимого диаметра. Для невооруженного глаза видимы покрытия только ярких звезд и планет, и то лишь в том случае, если покрытие происходит около темного края Луны; в остальных случаях звезда, вследствие близости яркой Луны, перестает быть видимой задолго до начала покрытия. В двухдюймовую трубу можно наблюдать покрытия звезд до 4 величины.

Предвычисления покрытий—см. приложение к отд. II.

Прохождения планет по диску Солнца. Нижние планеты, Меркурий и Венера, во время нижнего соединения могут иногда пройти перед диском Солнца. Эти прохождения наблюдаются очень редко: ближайшее прохождения Меркурия будет в 1937, Венеры—в 2004 году.

ПЛАНЕТЫ.

Планеты—темные тела, обращающиеся подобно Земле вокруг Солнца и светящие отраженным солнечным светом. В настоящее время известно восемь больших планет: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и

---

*) Инструкции для наблюдений лунных и частных солнечных затмений, вместе со списком предстоящих затмений до 1945 года, помещены в изданной Кружком брошюре: „Затмения 1927 и их наблюдения“.

Нептун, и более тысячи малых планет, или астероидов. Наблюдатель, не имеющий оптических инструментов, легче всего отличит планету от звезды по ее видимым перемещениям между звездами; это перемещение можно заметить в течение нескольких дней (о видимых и истинных движениях планет и всех особенностях этих движений, см. отд. II).

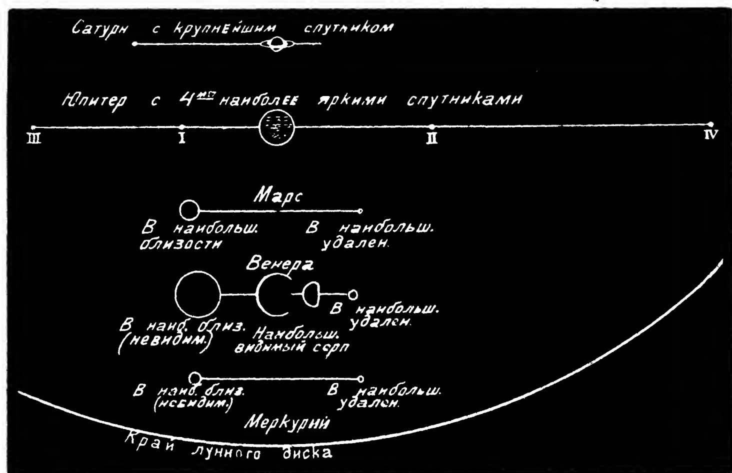


Рис. 9. Видимые размеры планет.

Если держать чертеж на расстоянии 25 *см* от глаза, то угловые размеры планетных дисков будут такими же, как при наблюдении в телескоп с увеличением в 80 раз.

Меркурий—самая близкая к Солнцу планета. Обычно он скрывается в лучах Солнца и виден только в периоды наибольших удалений. В средних широтах ежегодно бывает три-четыре периода, когда Меркурия можно видеть невооруженным глазом низко над горизонтом на светлом фоне вечерней или утренней зари. В это время он представляется нам довольно яркой желтоватой звездой. В трубу при увеличении более 50 раз можно различить диск и фазу планеты; диаметр диска бывает в это время обычно 6″—8″ и фаза—около 0.5.

Меркурий изучен мало. Большая часть наблюдателей соглашается с тем, что период вращения Меркурия вокруг оси равен периоду обращения вокруг Солнца, т. е. 88 дням. Из этого следует, что Меркурий всегда обращен к Солнцу одной стороной. На основании спектральных и фотометрических исследований можно заключить, что Меркурий обладает крайне разреженной атмосферой, если таковая вообще имеется. *Альбедо*, т. е. отношение количества отраженного света к тому, которое получает поверхность планеты, для Меркурия равно, как и для Луны, 0.07 и показывает, что солнечный свет отражается непосредственно твердой поверхностью планеты; при наличии густой атмосферы и облаков значение альбедо было бы значительно выше.

Температура на поверхности полушария, постоянно обращенного к Солнцу, на основании радиометрических измерений превосходит $+400° C$. На противоположном полушарии царит холод, вероятно близкий к абсолютному нулю.

Спутников у Меркурия не обнаружено.

Венера—вторая нижняя планета, известная многим под именем „вечерней“ или „утренней“ звезды. Найти Венеру в период ее видимости чрезвычайно легко: благодаря значительной яркости, она обращает на себя внимание при первом взгляде на ту часть неба, где она находится. Фазы Венеры можно различить в самую малую трубу. Видимый диаметр планеты изменяется вместе с фазой; в начале периода вечерних наблюдений после верхнего соединия она кажется нам полным диском, диаметром около $10''$; по мере приближения к Земле диск ее увеличивается и со стороны, противоположной Солнцу, появляется ущерб, который все время растет. Когда фаза становится равной 0.25, диаметр Венеры достигает $40''$, и она имеет наибольшую яркость. Близ нижнего соединения Венера представляется нам узким серпом, диаметром около $1'$. После нижнего соединения изменение фазы и диаметра протекает в обратном порядке.

Венера окружена плотной атмосферой, облака которой не позволяют видеть детали на ее поверхности. Вследствие

этого до сих пор еще не решен вопрос о времени вращения планеты вокруг оси. Различные наблюдатели давали для периода вращения весьма противоречивые цифры от 24 часов до 225 суток; в последние годы Росс на основании фотографических исследований пришел к выводу, что наиболее вероятен период порядка 30 суток.

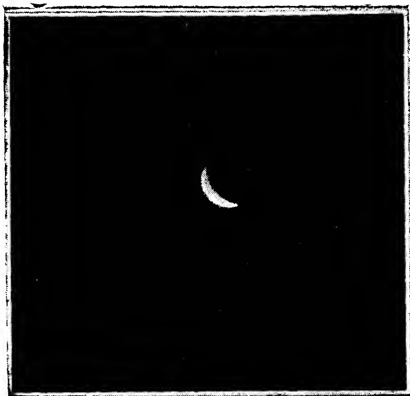


Рис. 10. Венера.

С фотографии Барнарда в 40 дюйм. телескоп Иеркской обсерватории.

Альбедо Венеры очень велико, — 0.59, что объясняется присутствием обладающих большой отражательной способностью облаков.

Температура внешнего слоя облаков по радиометрическим измерениям близка к $+60°C$; на поверхности планеты она должна быть меньше, т. к. значительная часть солнечного тепла отражается облаками.

Некоторые явления, наблюдаемые на Венере, например удлинение рогов серпа, пепельный свет и др. — рассмотрены в Отд. V, в инструкции для наблюдений планет.

Спутников у Венеры не обнаружено.

Марс обычно представляется яркой звездой красноватого цвета. Яркость Марса изменяется в очень больших пределах: во время т. н. великих противостояний, повторяющихся через 15 лет, когда Марс особенно близок к Земле, он горит ярче Юпитера и диаметр его диска достигает 25″; при обычных противостояниях его яркость приблизительно равна яркости Сириуса и диаметр диска равен 15″ — 20″. С удалением от Земли яркость Марса быстро падает, и около времени соединения бывает 2 — 3 величины при диаметре диска 3″ — 4″.

В малую трубу с увеличением в 30 раз можно видеть диск Марса и его фазу, которая не бывает меньше 0.84.

При увеличении более 60 раз при благоприятных условиях можно заметить на диске Марса белые полярные „шапки“, а также обнаружить разницу в окраске различных частей его поверхности: на общем оранжевом фоне выступят бледно серые пятна. Эти области серого цвета называются „морями“ в отличие от пространств оранжевого цвета, носящих название „материков“. Очертания пятен можно с уверенностью зарисовать лишь при наблюдении в более сильные инструменты.

Пятна, наблюдаемые на Марсе, сохраняют неизменно свое взаимное положение, и позволили определить время вращения Марса с большой точностью. Оно равно 24 ч. 37 м. 22.7 сек., что очень близко к земному. Ось вращения наклонена к плоскости орбиты под углом 24°, что тоже почти соответствует наклону оси Земли.

Атмосфера у Марса несомненно есть, но она значительно более разрежена, чем земная, и облака в ней наблюдаются сравнительно редко. Высота атмосферы определена приблизительно в 200 *км*; содержание кислорода в ней составляет лишь около 3% наличия его в земной атмосфере.

Радиометрические измерения температуры на поверхности планеты дают среднюю цифру около — 30° *C*. Температуры отдельных частей диска колеблются в пределах от—60° *C* на полюсе до + 20° *C* в экваториальной области. Суточные изменения температуры достигают на Марсе очень значительной величины.

В 1877 Скиапарелли открыл на диске Марса тонкие прямые линии, соединяющие „моря“ Марса. Эти линии он назвал каналами. Его последователи, главным образом Ловелл, в течение ряда лет наблюдали на Марсе геометрическую паутину каналов и созали гипотезу о том, что каналы — искусственные сооружения, построенные разумными существами, живущими на Марсе; в то же время другим наблюдателям поверхность Марса казалась вполне естественной, и на месте каналов они видели широкие размытые полосы или ряд пятен неправильной формы.

В настоящее время можно считать, что геометрическая правильность каналов является оптической иллюзией, и

что в действительности поверхность Марса покрыта сложной мозаикой мелких пятнышек и полос, различных по форме и оттенкам.

В отношении основных деталей, наблюдаемых на диске Марса, почти все согласны с тем, что оранжевые пространства („материки“) являются пустынными плоскогориями; зеленовато серые пятна („моря“), изменяющие свои очертания и оттенки в зависимости от времен года на Марсе—низменностями, возможно покрытыми растительностью. Белые полярные шапки, также изменяющие в зависимости от смены времен года свои очертания и размеры, представляют собою скопления снега, льда или инея.



Рис. 11. Марс.
По наблюдениям Трэмплера в 1924.

У Марса открыто 2 спутника очень незначительных размеров.

Астероиды. Между орбитами Марса и Юпитера вокруг Солнца обращаются малые планеты, называемые иначе *астероидами.* В настоящее время их известно более тысячи и ежегодно открываются десятки новых. Все астероиды кажутся с Земли слабыми звездочками, и лишь около двадцати наиболее ярких иногда доступны наблюдениям в бинокль.

Малые планеты обозначаются номерами в порядке открытия, а также собственными именами, напр., (4) Веста, (15) Эвномия. Ниже приведен список малых планет, которые при благоприятных противостояниях могут быть ярче 8.5 величины, с указанием их средних и предельных яркостей в противостояниях.

Истинные размеры малых планет крайне малы, и лишь у нескольких видимые диски доступны непосредственному измерению; наибольший астероид (4) Веста имеет диаметр около 1000 *км*.

(1) Церера . .	7.4	7.0—7.9	(15) Эвномия .	8.6	7.4— 9.6
(2) Паллада . .	8.0	6.7—9.3	(18) Мельпомена	9.3	7.7—10.5
(3) Юнона . .	8.7	7.0—10.0	(20) Массалия .	9.2	8.2— 9.9
(4) Веста . . .	6.5	5.9—7.0	(192) Навзикая .	9.3	7.5—10.6
(6) Геба . . .	8.5	7.0—9.6	(324) Бамберга .	9.9	7.3—11.5
(7) Ирида . . .	8.4	6.7—9.6	(387) Аквитания	9.8	8.2—11.0
(8) Флора . . .	8.9	7.8—9.8	(433) Эрос . . .	9.7	7.0—11.3
(9) Метида . .	8.9	8.1—9.6	(471) Папагена .	10.1	8.4—11.1
(12) Виктория .	9.7	8.1—10.9	(511) Давида . .	9.6	8.3—10.5

Некоторые астероиды обнаруживают коротко-периодические изменения яркости; причиной переменности, вероятно, является неодинаковая отражательная способность различных областей планеты, которые мы последовательно наблюдаем при вращении планеты вокруг оси.

Орбиты ряда малых планет выходят за пределы орбит Марса и Юпитера; в этом отношении интересна малая планета (433) Эрос, которая иногда может подходить к Земле на расстояние менее 25 миллионов *км*, т. е. ближе, чем всякое другое небесное тело, кроме Луны.

Юпитер — самая большая планета солнечной системы. Масса его более чем вдвое превышает массы остальных планет, вместе взятых. Для невооруженного глаза Юпитер представляется очень яркой звездой желтовато-белого цвета. Диск Юпитера имеет видимый диаметр от 30″ до 50″ и заметен в малые трубы. На самом диске видны серовато-коричневые полосы, тянущиеся вдоль экватора; полосы эти являются облачными образованиями в атмосфере Юпитера.

легко обнаружить, что диск Юпитера сплюснут; сжатие Юпитера составляет $^{1}/_{15}$.

Для различных широт Юпитера обнаружены различные периоды вращения; экваториальная зона обращается в 9 ч. 50 м.; в более высоких широтах период составляет 9 час. 56 мин.

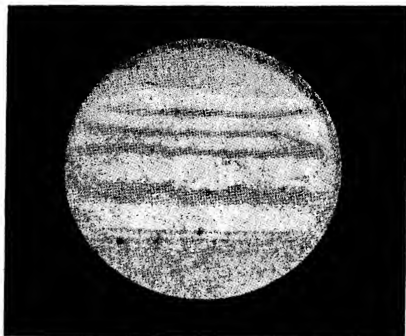


Рис. 12. Юпитер.

Наличие густой и высокой атмосферы на Юпитере подтверждается присутствием облаков, высоким альбедо планеты, равным 0.56, и ослаблением яркости диска от центра к краям.

Юпитер имеет девять спутников; четыре из них, открытые еще Галилеем, видны уже в полевой бинокль, как звездочки 5—6 величины; остальные пять доступны наблюдению лишь в могущественные инструменты, или с помощью фотографии. Быстрое движение четырех Галилеевых спутников позволяет почти каждый вечер в период видимости планеты наблюдать некоторые из т. н. „явлений в системе Юпитера“. Явления эти заключаются в следующем: 1) спутник проходит через конус тени Юпитера,—светлая точка, не доходя до диска планеты постепенно гаснет и потом вновь появляется (начало и конец затмения); 2) спутник скрывается за диском планеты и вновь появляется с другой стороны (начало и конец покрытия); 3) спутник, проходя между планетой и Землей, проекти-

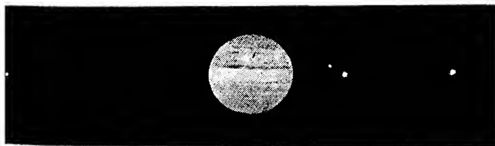


Рис. 13. Юпитер с четырьмя Галилеевыми спутниками.

руется на диск Юпитера (вступление и схождение спутника) и 4) спутник, проходя между планетой и Солнцем отбрасывает тень на диск Юпитера в виде темного пятнышка (вступление и схождение тени). Наблюдение этих интересных явлений имеет и практическое значение для поверки часов.

Сатурн. Невооруженному глазу Сатурн представляется желтоватой звездой первой величины. В трубу вид Сатурна очень эффектен: диск планеты окружен светлым кольцом, которое можно различить уже при увеличении в 20 раз. При увеличениях более 100 раз кольцо разделяется на два, между которыми видно темное пространство (деление Кассини). В более сильные инструменты можно обнаружить третье, гораздо менее яркое (т. наз. *креповое*) кольцо, лежащее внутри первых двух.

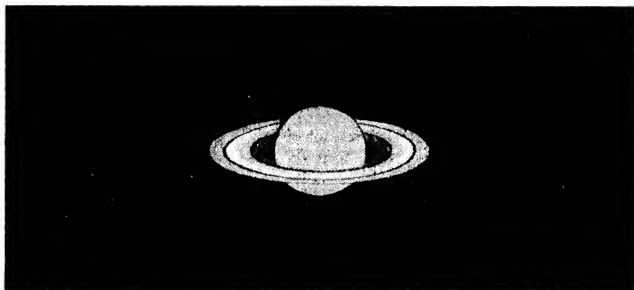


Рис. 14. Сатурн.

Видимый диаметр диска Сатурна изменяется приблизительно от 15″ до 20″, большая ось кольца—от 35″ до 45″. Малая ось кольца, в зависимости от положения Сатурна на орбите, видна с Земли под различными углами, вследствие чего ее размеры изменяются в пределах от 0″, когда кольцо повернуто к нам ребром и невидимо даже в сильнейшие инструменты, до 22″. Вид кольца в ближайший ряд лет показан на прилагаемом рисунке.

По своему физическому строению Сатурн близок к Юпитеру. Он обладает очень малой плотностью и окружен

густой атмосферой; на его диске видны полосы, сходные с полосами на Юпитере. Сжатие Сатурна составляет более $^1/_{10}$. Вращение Сатурна определено в 10 час. 14 мин.

На основании теоретических изысканий и спектральных наблюдений выяснено, что кольцо Сатурна состоит из множества отдельных мелких частиц, каждая из которых движется по своей орбите вокруг планеты.

Сатурн имеет 10 спутников; наиболее яркий из них, Титан (8.3 зв. вел.), виден в грубы от 40 *мм*; яркость остальных спутников лежит в пределах от 10 до 18 величины.

Уран светит слабой звездочкой шестой величины и находится на границе видимости невооруженным глазом. Диск Урана, диаметром менее 4″, виден лишь при увеличениях более 100 раз. Уран вращается вокруг оси в $10^3/_4$ часа. Подобно Юпитеру и Сатурну, он окружен атмосферой и имеет малую плотность. Вокруг Урана обращаются 4 спутника, видимые только в сильные инструменты.

Нептун—последняя из известных планет солнечной системы. Он виден как звезда 8 величины. Его диск, равный $2^1/_2$″, различим только в сильные трубы при больших увеличениях.

Физическое строение Нептуна позволяет отнести его в одну группу с Юпитером, Сатурном и Ураном. Вращение Нептуна около оси определено спектральными наблюдениями в 15.8 часа.

Единственный спутник Нептуна имеет яркость звезды 14 величины.

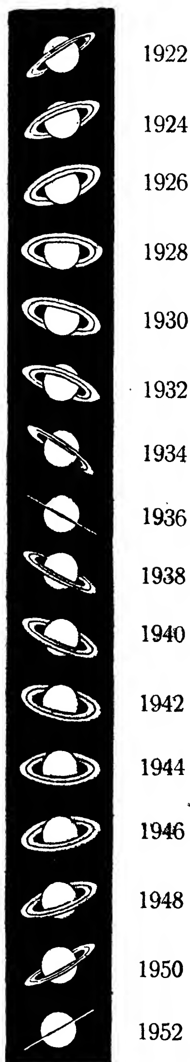


Рис. 15.

КОМЕТЫ И ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ.

Кометы. По физическому строению комета представляет собою рой сравнительно небольших твердых частиц, связанных между собою лишь силой взаимного тяготения. Такой рой обращается вокруг Солнца как одно целое, обычно по очень вытянутой эллиптической орбите (см. отд. II, гл. III), и доступен наблюдению лишь в ближайших к Солнцу частях орбиты.

Все кометы являются, вероятно, членами солнечной системы, но лишь для немногих ***периодических*** комет орбиты и периоды обращения вычислены с достаточной точностью и наблюдалось несколько возвращений к Солнцу. Такова известная комета Галлея, наблюдающаяся через каждые 76 лет, или слабая комета Энке с периодом обращения, равным $3^1/_2$ годам. Появление большинства комет наблюдалось лишь однажды; орбиты таких комет известны неточно и вычисленные периоды обращения достигают сотен и даже тысяч лет. Т. к. из этого времени лишь несколько месяцев — редко больше года—падает на период видимости, то понятно, почему появление подобных комет является для нас совершенно неожиданным. Ежегодно открывается в среднем 4—6 комет (включая и возвращения периодических).



Рис. 16. Комета Энке.

С фотографии Э. Барнарда 29 октября 1914.

В начале периода видимости комета представляет в телескоп слабое туманное пятно со сгущением в центре. С приближением кометы к Солнцу из этого пятна—*головы* кометы—появляется поток крайне разреженных светящихся

газов—*хвост*, направленный в сторону, противоположную Солнцу, и яркость кометы быстро возрастает. После прохождения через перигелий явления протекают обратным порядком:—хвост понемногу уменьшается и яркость кометы ослабевает. Почти все периодические кометы являются слабыми телескопическими об'ектами и часто совершенно не развивают хвоста; некоторые из впервые наблюдаемых комет достигают, однако исключительной яркости; так, комета 1927 года, наблюдавшаяся в южном полушарии, была хорошо видна днем, на расстоянии 1—2° от Солнца. Видимые размеры хвостов, образуемых яркими кометами, обычно достигают нескольких десятков градусов.



Рис. 17. Комета Морхауза 1908.

С фотографии Гриничской обсерватории.

Массы комет, несмотря на огромные размеры последних, ничтожны; для самых больших из наблюдавшихся комет масса не превышала 0.000001 массы Земли, а средняя плотность — стотысячных долей плотности земной атмосферы. Очевидно, что отдельные частицы вещества кометы отделены друг от друга большими промежутками.

Свет комет слагается из отраженного солнечного света и собственного свечения вещества кометы под влиянием солнечных лучей; природа последнего до сего времени точно не установлена.

Спектроскопические исследования показывают присутствие в кометах окиси углерода, натрия, азота, и соединения последнего с углеродом—циана.

Падающие звезды. В межпланетных пространствах вокруг Солнца движутся по всевозможным орбитам и во всех на-

правлениях мелкие частицы материи, лишь очень редко достигающие размеров больших глыб. Когда подобное тело, встретив на своем пути Землю, вступит в атмосферу последней, то от сильного трения о воздух оно воспламеняется, оставляя за собою мимолетный след *падающей звезды* или *метеора.* Вследствие большой собственной скорости, порядка нескольких десятков километров в секунду, метеоры загораются еще в верхних разреженных слоях атмосферы, совершенно сгорая уже на высоте около 100 *км.* Вторжение в земную атмосферу более крупного тела сопровождается весьма ярким свечением и иногда звуковыми явлениями, напоминающими шипение или раскаты грома. Весьма редко осколки крупных метеоров достигают поверхности Земли, ввиде каменных или металлических масс, называемых *метеоритами.* В состав метеоритов входят те же химические элементы, которые имеются и на Земле; чаще всего встречаются железо, кислород, никкель и кремний.

Отдельно пробегающие рассеянные метеоры наблюдаются каждую ночь, но в году бывают периоды, когда падение метеоров бывает особенно обильно, причем они появляются в определенных частях неба. Эти явления называются *потоками падающих звезд.* Изучение потоков позволило определить орбиты, по которым движутся вокруг Солнца метеоры, входящие в поток. Сравнение орбит метеорных потоков и комет показало, что в некоторых случаях потоки и кометы обращаются по одинаковым орбитам. Эта связь показывает, что отдельные метеориты являются вероятно продуктами постепенного распада комет,—рассеивания сравнительно густого скопления образующих комету частиц в весьма разреженный рой несвязанных между собою метеоритов, который Земля иногда встречает, пересекая орбиту кометы. Для многих крупных метеоров доказано, однако, что они не могли являться постоянными членами солнечной системы, а пришли в нее извне, из межзвездных пространств.

Звезды.

Все звездное небо разделено древними наблюдателями на произвольные участки, называемые созвездиями. Созвездия называют собственными именами, данными им по сходству того расположения звезд, которое усматривалось первыми наблюдателями, с теми или иными предметами или существами. На звездных картах границы созвездий отмечают пунктирной линией. Перечень созвездий дан в таблице 22 отд. VI.

По современным взглядам звезды суть самосветящиеся небесные тела, подобные нашему Солнцу.

Наиболее заметное различие между звездами—их яркость. По видимой яркости звезды условно распределяются на звезды 1, 2, 3 и т. д. величины. Принято считать, что яркость звезды каждой последующей звездной величины приблизительно в $2^1/_2$ раза меньше предыдущей (см. ниже *яркость звезд*). Если звезда в $2^1/_2$ раза ярче 1-й величины, величина ее обозначается через 0. Еще более яркие звезды имеют *отрицательную* звездную величину; напр. зв. величина—1 указывает, что светило в $2^1/_2$ раза ярче звезды нулевой величины.

Наиболее яркие звезды обозначают буквами греческого алфавита с прибавлением названия созвездия; алфавитный порядок приближенно соответствует порядку яркости звезд в пределах данного созвездия.

Прилагаемая таблица показывает число звезд на всем небе до данной звездной величины:

1.0	14
2.0	39
3.0	105
4·0	445
5.0	1 460
6.0	4 720
7.0	15 000
8.0	46 100
9.0	139 000
10.0	379 000
11.0	1 020 000
13.0	5 970 000
14.0	13 100 000
15.0	27 500 000
16.0	57 000 000

Невооруженному глазу доступны звезды до 6 величины. Оптические инструменты дают возможность видеть более слабые звезды, причем число видимых звезд зависит от силы инструмента. С помощью полевого бинокля можно видеть звезды до 8 величины, астрономическая труба с об'ективом в 100 *мм* покажет звезды до 12 величины.

Списки звезд, с указанием их положения на небе, яркости и некоторых других данных, называют звездными каталогами.

Звезды, которые по своей малой яркости не попали в список алфавитных звезд, обозначают обычно номером какого либо звездного каталога и иногда добавляют название созвездия. Так *B. D.* 54°1475 указывает на звезду, помещенную в 54 зоне Боннского обозрения неба (*Bonner Durchmusterung*, сокращенно *B. D.*) под № 1475. Для ярких звезд, не обозначенных буквами, часто дают №№ по каталогу Флемстида, в котором звезды каждого созвездия приблизительно до 6 величины пронумерованы в порядке их прямого восхождения (напр. 79 Лебедя, 20 Рыси)

Яркость звезд. При отношении яркости двух звезд, равном числу 2,512..., логарифм которого равен 0.4, считают, что звезды разнятся по яркости на 1 звездную величину.

Если мы условимся яркость какой-либо звезды считать равной 1 и обозначим ее условно нулевой звездной величины, то звезда 1-ой величины имеет яркость в 2,512...раз меньшую, звезда второй величины в $2{,}512^2$... раз меньшую, чем нулевая и т. д.

Формула для исчисления яркости такова:

$$H = 1 : \delta^m = - \delta^{-m},$$

где H есть яркость, $\delta = 2.512$ и m — звездная величина.

Формула может быть написана в таком виде:

$$\lg_{10} H = \lg 1 - 0.4\, m = - 0.4\, m,$$

т. е. логарифм яркости пропорционален m-ой звездной величине.

При необходимости постоянных пересчетов отношения яркостей в разность звездных величин или обратно, можно рекомендовать составить специальную табличку или вы-

чертить график, пользуясь приведенной выше формулой. При вычислении суммарной яркости в звездных величинах (напр. яркости двойной звезды) можно пользоваться таблицей 26 отдела VI.

На фотографиях звездного неба звезды получаются в виде кружков тем большего диаметра, чем ярче звезда. В отношении яркости, определяемой по небесным фотографиям, принят тот же счет в звездных величинах.

Две звезды с разностью яркости в 1 звездную величину при наблюдении глазом не всегда дадут ту же разницу яркости на фотографии. Это происходит от того, что фотографическая пластинка иначе воспринимает цвета, чем глаз; если напр. две звезды производят на глаз впечатление одинаковой яркости, но одна из них желтоватая, то она на фотографии получится менее яркой. Поэтому условлено под фотографической яркостью разуметь ту, которая получается по исследованию фотографий, а визуальной называть ту, которая является результатом наблюдений глазом.

Визуальные и фотографические яркости, выражаемые в звездных величинах, имеют общее начало счета. Именно, принято, что белые звезды (спектр типа *A*o) с визуальными яркостями от 5.5 до 6.5 Гарвардской шкалы имеют фотографическую яркость одинаковую с визуальной.

Разность между фотографической и визуальной звездной величиной носит название *показателя цвета* звезды. Так как желтые и красноватые звезды имеют на фотографиях бо̀льшую звездную величину, то их показатель цвета положителен.

Если M обозначает визуальную яркость, P — фотографическую яркость и $C. I.$ — показатель цвета, то $P = M + C. I.$ и $M = P - C. I.$

Выбор нулевой точки шкалы звездных величин является произвольным, и самая точность определения яркости звезд весьма зависит как от способов наблюдения, так и от личных особенностей наблюдателя. Поэтому даже в фотометрических каталогах, представляющих результаты точных измерений яркостей звезд, может иметь место значительная систематическая разница между величинами

одних и тех же звезд, обусловленная различными инструментами и методами наблюдения, применявшимися при составлении разных каталогов. Во избежание неудобств, связанных с пользованием различными шкалами, в настоящее время яркость звезд принято обозначать по шкале, выработанной астрономической обсерваторией Гарвардского Колледжа в С. Ш. А. Каталоги этой обсерватории охватывают все небо и дают: 1) яркость всех звезд до 6.50 величины (50 том Анналов Обсерватории) и 2) яркости звезд ниже 6.50 величины, приблизительно до 9 величины. Каталоги эти составлены на основе систематических наблюдений специально сконструированными типами инструментов, и шкала яркости звезд по этим каталогам получила название Гарвардской фотометрии (*H. P.*).

Цвета звезд. Звезды различаются между собой не только яркостью, но и цветностью. Цвета звезд бывают: белый, желтый, оранжевый, красный и переходные между ними.

Существует несколько систем обозначений цветности звезд.

В *Потсдамской системе* цвета обозначаются начальными буквами названий цветов на немецком языке: белый—*W* (*weiss*), желтый—*G* (*gelb*), красный—*R* (*rot*). Для обозначения смешанных цветов применяются комбинации из двух букв, порядок расстановки которых показывает преобладание цвета, поставленного на втором месте; напр. *GW*—желто-белый, *WG*—бело-желтый.

В *шкале Хагена*, приведенной в инструкции к наблюдению цветов звезд, для обозначения цветов служат цифры *).

Спектры звезд. Если разложить с помощью призмы идущий от звезды пучок лучей в спектр, то можно увидеть, что радужная полоска спектра звезды пересечена многочисленными темными линиями и полосами поглощения, даваемыми атмосферой звезды. Сравнение положения

---

*) См. также статью Г. А. Тихова в XXXI выпуске Русск. Астр. Календаря, где сопоставлены шкалы Потсдамская, Хагена и Остгоффа—Шмидта.

этих линий в звездном спектре со спектральными линиями различных химических элементов показывает, что в состав атмосферы звезды входят химические элементы, которые нам известны (за немногими исключениями). Помимо того, изучение спектров позволяет вывести много важных заключений о физическом состоянии звезды.

Самое полное исследование спектров звезд произведено Обсерваторией Гарвардского Колледжа и напечатано в Анналах этой Обсерватории под названием Дрэперова Каталога звездных спектров (*H. D.*), в котором содержится 225300 спектров звезд.

Все разновидности звездных спектров разбиты в каталоге на классы, обозначаемые большими буквами латинского алфавита. Принятая в каталоге классификация спектров, получившая название Гарвардской классификации, приобрела в настоящее время всеобщее признание.

Гарвардская классификация спектров.

P—спектры туманностей; светлые линии водорода и небулия. Пример—туманность Ориона.

O—звезды Вольф-Райе,—светлые и темные линии гелия, некоторые линии водорода. Отсутствие линий металлов. Пример—λ Цефея.

B—гелиевые звезды; линии поглощения гелия и водорода. Слабые и редкие линии кальция, натрия и железа. ε Ориона, δ Ориона.

A—водородные звезды; линии поглощения водорода интенсивны; слабые, узкие, но многочисленные линии железа. Сириус, Вега.

F—кальциевые звезды; ослабление водородных линий, преобладание линий кальция. Линии металлов усилены. δ Орла, γ Волопаса.

G—сходство с солнечным; узкие очень многочисленные линии железа и др. металлов. Солнце, α Возничего.

K—сходство с солнечным, но все линии металов усилены, а водородные ослаблены; очень развиты линии кальция. α Волопаса.

M—системы полос поглощения титана, много линий поглощения железа. α Ориона, α Кита.

N—полосы поглощения, приписываемые углероду или углеводороду; линии водорода, гелия, кальция не обнаружены. Пример—19 Рыб.

R—углеводородные полосы темных линий. Звезда α 19 ч. 17,6 м. δ—10° 54′ (7.04 вел.).

S—сложный спектр, состоящий из темных и светлых линий и полос поглощения; блестящие водородные линии.

При обозначении спектра какой-либо звезды принято пользоваться этими буквами, причем между указанными выше подразделениями вводятся промежуточные путем деления интервала на 10 частей. Таким образом:

A_0—типичный спектр;
A_5—спектр средний между A_0 и B_0;
A_8—спектр близкий к типу B_0.

Если спектр имеет особенности, то они указываются дополнительной системой обозначения малыми буквами. Эта система следующая:

c—необыкновенно резко выделяющиеся линии водорода;
s—резко выделяющиеся линии;
n—различные линии спектра;
e—спектры с линиями излучения;
er—обращенные линии излучения;
v—переменный спектр;
p—особенные спектры, (для новых звезд обозначаются значком *pg*);

g—характерные линии гигантских звезд;
d—характерные линии карликовых звезд;
w—особенно типичные звезды Вольфа-Райе.

Около 99% звезд занесенных в каталог Дрэпера принадлежат к спектральным классам *B*, *A*, *F*, *G*, *K*, *M*, распределяясь между различными классами в следующей пропорции:

	B	*A*	*F*	*G*	*K*	*M*
%%	2	29	9	21	33	6

Прочие спектральные классы представлены в каталоге лишь немногими звездами.

По характеру спектра определяется излучение звезды и вычисляется температура на ее поверхности.

Между спектральным типом звезды, ее цветом, показателем цвета и эффективной температурой существует зависимость, иллюстрируемая следующей таблицей:

Спектр.	Цвет.	Показатель цвета.	Эффективная температура. (По Вильзингу).
B_0		— 0.27	12300
B_5		— 0.16	11450
A_0	белый	0.00	10250
A_5		+ 0.18	9000
F_0		+ 0.37	7950
F_5		+ 0.61	6880
G_0	желтый	+ 0.86	5980
G_5		+ 1.14	5250
K_0		+ 1.46	4570
K_5		+ 1.79	3860
M	оранжевый	+ 1.88	3550

Расстояния звезд. Расстояния до звезд определяются по измерению их видимых годичных смещений, обусловленных движением Земли на орбите. Наибольшее видимое смещение звезды на небесной сфере называется *годичным параллаксом* и равно углу, под которым видна со звезды большая полуось земной орбиты (см. отд. II, *Параллакс*).

Непосредственное измерение звездных параллаксов производится в настоящее время почти исключительно с помощью фотографии, путем измерения смещения звезды относительно ряда соседних звезд на двух фотографиях снятых через полугодовой промежуток времени. Помимо непосредственного измерения параллаксов существуют косвенные методы, позволяющие судить о расстоянии звезды.

Единицами звездных расстояний являются: *парсек*—расстояние соответствующее параллаксу в одну секунду дуги и *световой год*—расстояние, проходимое светом за один

год. Один парсек соответствует расстоянию в 3.26 световых лет или 206265 большим полуосям земной орбиты.

В следующей таблице приведены параллаксы некоторых звезд. Три первых звезды таблицы являются ближайшими соседями Солнца.

Название звезды.	Параллакс.	Зв. величина.	Расстояние в световых годах.
	″		
Ближайшая (*Proxima*) Центавра	0.77	11.0	4.3
α Центавра	0.76	0.3 и 1.7	4.3
Летящая звезда Барнарда	0.53	9.6	6.1
α Б. Пса	0.37	— 1.6	8.7
61 Лебедя	0.32	5.6 и 6.3	10
α Орла	0.21	0.9	15
α Лиры	0.12	0.1	27
α Ориона	0.03	0.9	110
α Девы	0.01	1.2	326

Абсолютные яркости звезд. Зависимость между яркостью и спектром. Теория Ресселя. Наблюдаемые соотношения яркостей различных звезд не соответствуют истинным, так как звезды находятся от нас на различных расстояниях. Исходя из того, что яркость обратно пропорциональна квадрату расстояния, можно, зная паралаксы звезд, точно вычислить их яркости для различных расстояний. Яркость звезды вычисленную для расстояния в 0.1 парсека и выраженную в звездных величинах, принято называть *абсолютной звездной величиной.*

Если m есть видимая звездная величина, P — параллакс звезды, m_0 — абсолютная звездная величина, то

$$m_0 = m + 5 + 5 \lg P.$$

Абсолютные звездные величины обнаружены в пределах от + 15 до — 6 звездной величины, но звезд с абсолютной яркостью свыше — 3 звездной величины известно немного.

Между средними абсолютными яркостями звезд различных спектральных классов обнаружена зависимость, пока-

зывающая, что по абсолютным яркостям звезды классов M, K, G резко делятся на две группы — одну с очень большой и другую — с очень малой средней абсолютной яркостью. Первым присвоено название *гигантов*, вторым — *карликов*. Звезды классов A и F занимают по абсолютной яркости среднее место между типичными гигантами и карликами, как видно из следующей таблицы.

Спектр.	Средн. абсол. яркость. (По Кёртису).	
	Карлики.	Гиганты.
B_5	+1.0	
A_0	+1.2	
F_0	+2.2	
G_0	+4.2	
G_5	+5.2	+1.0
K_0	+6.0	+1.0
Ma		+0.4
Mb	+9.7	

Для об‘яснения этой зависимости Рёсселем предложена и теперь считается общепринятой теория эволюции звезд, заключающаяся, в главных чертах, в следующем. На самой ранней ступени развития звезда является гигантом класса M, обладающим большим об‘емом, низкой температурой и весьма малой плотностью. Постепенно сжимаясь, звезда уменьшается в об‘еме; температура звезды повышается и звезда меняет красный цвет на желтый, и затем на белый. Этот процесс длится до тех пор, пока приток тепла (от сжатия и из других источников, природа которых нам еще не известна) окажется недостаточным для возмещения потери тепла через излучение и звезда не начнет охлаждаться, снова переходя от белого цвета к красному и продолжая уменьшаться в об‘еме и яркости. Так как излучение связано с потерей вещества звезды, то весь процесс сопровождается непрерывным уменьшением массы звезды. Те сведения о массах, об‘емах и плотностях звезд,

которыми мы располагаем, вполне подтверждают теорию Рёсселя. Так, массы звезд с абсол. яркостью—2 превосходят по массе Солнце (абсол. зв. величина которого = + 4.9) приблизительно в 10 раз; масса карликов + 12 абс. звездн. величины составляет в среднем около 1/4 солнечной. Приводимые ниже размеры истинных диаметров некоторых красных гигантов, вычисленные по измеренным интерферометром угловым диаметрам и по параллаксам этих звезд, имеют огромные значения порядка одной астрономической единицы.

Название звезды.	Видимый диаметр.	Истинный диаметр в астр. единицах.
	"	
ο Кита	0.056	3.30
α Ориона	0.045	2.65
α Скорпиона	0.040	1.54
α Тельца	0.021	0.37
α Волопаса	0.024	0.30

Возрастание плотности звезд с убыванием яркости иллюстрирует следующая таблица.

Абсолютная яркость.	Плотность (Солнце = I)
0.8	0.08
1.5	0.14
2.5	0.24
5.6	0.40
6.2	0.50
10.8	2.81

Движение звезд. Движение звезд в пространстве обнаруживается либо перемещением звезд по небесной сфере,

либо перемещением по направлению луча зрения. Первое называют *собственным движением* звезды и выражают в секундах дуги, проходимой звездой в течение года. Движение по лучу зрения, которое можно получить в линейных единицах из спектроскопических наблюдений, называется *лучевой скоростью* и выражается в километро-секундах; приближение звезды обозначается через —, удаление — через +. Из собственного движения и лучевой скорости можно вывести (если известен параллакс звезды) истинное направление и скорость движения звезды в пространстве.

Собственные движения звезд весьма незначительны и измеряются долями секунды дуги; лишь около сотни звезд имеют собственное движение более 1″. Самое быстрое собственное движение, обнаруженное у звезды 9.5 вел. в созв. Змееносца, составляет 10″.3. Лучевые скорости обычно не превышают нескольких десятков *км;* для нескольких звезд найдены значения лучевых скоростей от 100 до 300 км.

Ниже даны собственные движения и лучевые скорости звезд 1 величины северного неба.

Название звезды.	Собственное движение.	Лучевая скорость.
	″	*км/сек*
α Б. Пса	1.31	— 8
α Лиры	0.35	— 14
α Возничего	0.44	+ 30
α Волопаса	2.29	— 5
β Ориона	0.01	+ 23
α М. Пса	1.24	— 4
α Орла	0.66	— 33
α Ориона	0.03	+ 21
α Тельца	0.20	+ 54
β Близнецов	0.62	+ 4
α Девы	0.05	+ 2
α Скорпиона	0.03	— 3
α Лебедя	0.00	— 4
α Льва	0.24	+ 7

Переменные звезды. Большинство звезд обладают постоянной яркостью, но есть звезды, яркость которых подвержена изменениям. Такие звезды называются *переменными.* Первая переменная звезда была открыта в шестнадцатом веке; в настоящее время их известно до 4000, не считая такого же количества слабых переменных, открытых в звездных скоплениях. С увеличением числа известных переменных для них была предложена особая номенклатура: переменные (кроме тех немногих ярких звезд, которые уже были обозначены греческими буквами) стали обозначать прописными буквами латинского алфавита начиная с R, с прибавлением названия созвездия. Когда для переменных в данном созвездии букв от R до конца алфавита оказывалось недостаточным, звезды обозначались комбинациями букв RR, RS..... RZ; SS.... ZZ; AA.... AZ; BB—QZ. Однако для некотороых созвездий и этих комбинаций (числом 334) оказалось недостаточно и переменные стали обозначать буквой V и номером в порядке открытия (напр. V 335 Стрельца).

Изучение переменных звезд показало, что они изменяют свою яркость далеко не одинаково: некоторые неправильно, другие периодически, причем период изменения яркости для отдельных звезд весьма различен. Наглядное представление о характере переменности звезды дает графическое изображение изменения яркости звезды (кривая яркости); сопоставление кривых различных звезд показало, что все переменные звезды можно разделить на несколько типов. Звезды общего типа имеют кривые приблизительно одинакового вида, различаясь между собою периодами (продолжительностью промежутков между соседними максимумами или минимумами яркости) и амплитудами (разностью между яркостью звезды в максимуме и минимуме). В настоящее время общепринята приводимая ниже классификация переменных, предложенная (в несколько ином виде) Э. Пикерингом.

I. Новые или временные звезды,

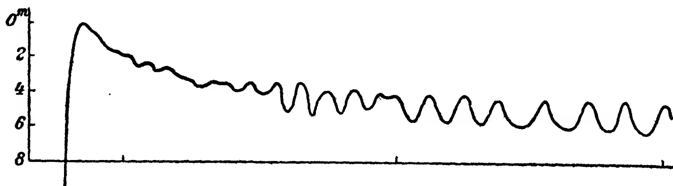
II. Долгопериодические переменные.

III . Неправильные переменные.

IV. Цефеиды.

V. Затменные переменные.

I. Явление *новой звезды* состоит в том, что слабая звезда внезапно и резко увеличивается в яркости, в течение нескольких суток достигая максимума, и затем медленно гаснет, возвращаясь к прежней яркости. Вторичного сильного возгорания новых звезд не наблюдалось. На черт. 18 представлена типичная кривая изменения яркости новой



Черт. 18.

Персея 1901 г., являющейся одной из наиболее ярких новых звезд, появившихся в последние годы. Причины появления новых звезд до сего времени не выяснены; наиболее простая гипотеза—столкновение или сближение двух звезд—не удовлетворяет наблюдаемой картине явления и не может быть привлечена, как об'яснение возгорания новых.

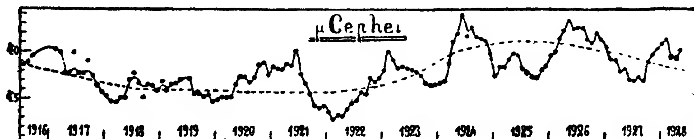
II. *Долгопериодические переменные,* составляющие наиболее многочисленный тип, обладают периодами от 80—100 до 600—1000 суток и большими амплитудами; период не отличается правильностью и значительно колеблется около среднего значения. На черт. 19 дана кривая яркости наиболее известного представителя этого типа—звезды о Кита. Переменность дол-



Черт. 19.

гопериодических звезд является, вероятно, следствием физических процессов на поверхности звезды (напр. периодического развития и исчезновения поглощающей атмосферы), природа которых до сего времени остается темной. Все долгопериодические переменные — красного цвета (спектр *M*).

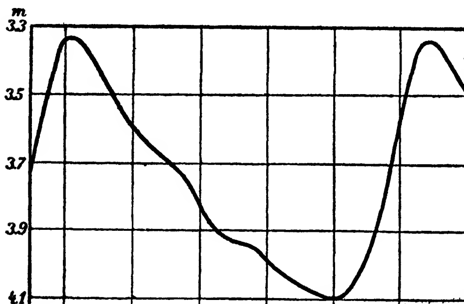
III. *Звезды с неправильным характером переменности* — также весьма богато представленный тип — очень разнообразны, как по степени своей неправильности, так и по виду своих световых кривых. Часть этих звезд обладает прекрасно выраженной и постоянной кривой, но неправильным периодом, у других довольно хорошо выражен период, но меняется кривая. Кривая неправильной пере-



Черт. 20.

менной μ Цефея показана на черт. 20. Почти все неправильные и полуправильные переменные — красного цвета (классы *K*, *M*, *N*), но встречаются и белые неправильные переменные.

IV. *Цефеиды*, названные так по первой открытой звезде этого типа — δ Цефея, обладают правильными периодами, иногда регулярно незначительно колеблющимися, и весьма сходными по виду кривыми (см. кривую δ Цефея на черт. 21).

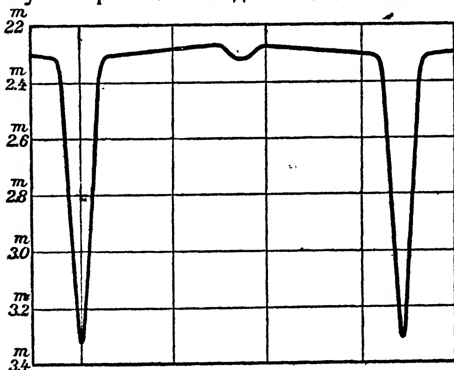


Черт. 21.

По своим периодам Цефеиды распадаются на две резко разграниченные группы: одну с периодами от 3

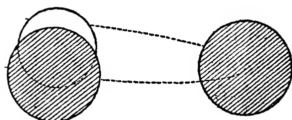
до 50 дней и вторую с периодами от 0.1 до 1 дня. Между спектром и периодом существует хорошо выраженная зависимость, именно, периоды красноватых Цефеид (классы *G*, *K*) длиннее периодов белых звезд того же типа (классы *F*, *A*). Большинство Цефеид вместе с изменением яркости меняют свой спектр. Очень важным обстоятельством является зависимость между периодом и абсолютной яркостью Цефеид, что дает возможность определять их растояния от нас, руководясь лишь их периодами и видимыми яркостями. Об'яснение переменности звезд этого типа является одной из наиболее интересных задач астрофизики. В настоящее время широкой популярностью пользуется теория Эддингтона, об'ясняющего переменность пульсацией, т. е. периодическим расширением и сжатием всей массы звезды. Есть также предположение, что Цефеиды являются звездами в стадии превращения в двойные, т. е. обладают формой груши и быстрым периодом вращения, равным или близким к периоду переменности; пульсация и вращение такой звезды могут дать в сумме кривую изменения яркости, изображенную на черт. 21.

V. Первой открытой *затменной* звездой является Алголь (β Персея); поэтому и прочие звезды этого типа называют переменными типа Алголя. Рассмотрение кривой изменения яркости звезд типа Алголя (черт. 22) приводит к заключению, что причиной изменения яркости является затмение звезды вращающейся вокруг нее другой звездой. Каждая переменная типа Алголя является т. о. двойной звездой; вследствие незначительности расстояния между составляющими эта двойственность может быть обнаружена лишь



Черт. 22.

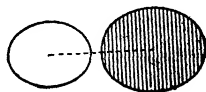
с помощью спектроскопа. Изучение кривой изменения яркости вместе с данными спектроскопических исследований



Черт. 23.

позволяет вычислить размеры, массу, яркость, плотность и расстояние обеих звезд. На черт. 23 дана схема системы Алголя, полученная из кривой яркости и спектроскопических наблюдений.

Если расстояние между звездами весьма незначительно, то звезды могут потерять шаровую форму и вытянуться друг к другу (черт. 24). В этом случае площадь светящейся поверхности будет меняться в зависимости от положение звезд на орбите; в сумме с эффектом затмения это может дать кривую, подобную изображенной на черт. 25; такие затменные звезды называются, в отличие от Алголей, переменными типа β Лиры — по наиболее яркому их представителю.



Черт. 24.

Затменные переменные в преобладающим большинстве имеют белый цвет и спектры *B* и *A*.



Черт. 25.

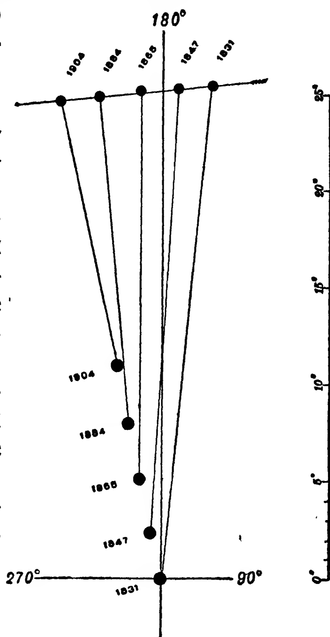
Сопоставляя зависимость между типами переменных звезд и их спектрами, и ряд других закономерностей, связывающих различные типы переменных, можно предположить, что большинство наблюдаемых типов являются звеньями единого физического процесса развития звезды — от неправильной переменной до спектрально-двойной. Справедливость этого положения могут доказать лишь дальнейшие исследования.

Двойные звезды. Некоторые звезды при наблюдении в астрономическую трубу оказываются состоящими из двух звезд. Такие звезды получили название *двойных.* Число известных двойных в настоящее время достигает двадцати пяти тысяч. Видимое расстояние между составляющими двойной звезды выражают в секундах дуги; относительное положение звезд определяется *позиционным углом,* т. е. углом между кругом склонений, проходящим через более яркую звезду, и линией, соединяющей обе составляющие звездной пары. Позиционный угол отсчитывается с севера (в астрономической трубе — снизу), обратно движению часовой стрелки, т.-е. через восток, юг запад.

Двойные звезды, не имеющие буквенных обозначений, обычно обозначаются их номерами в специальных каталогах двойных звезд. Чаще всего пользуются каталогом В. Струве,—№№ звезд по этому каталогу сопровождаются буквой Σ— или «Общим каталогом» Бернхема (General Catalogue, сокращенно βGC).

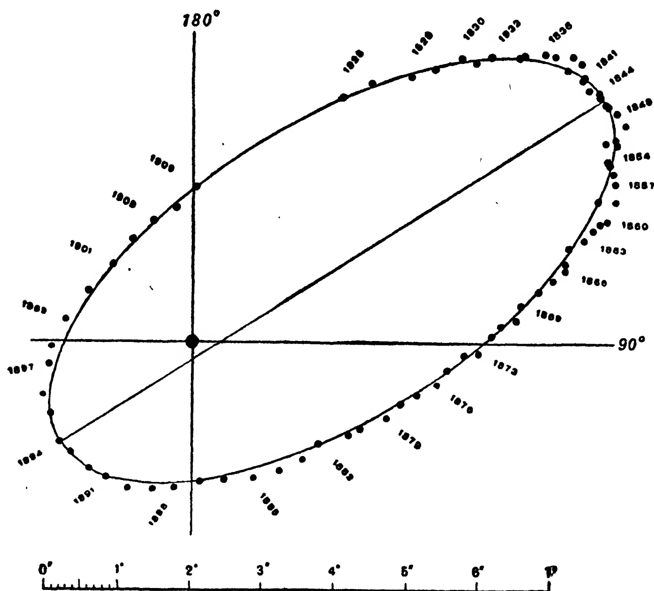
Более яркая звезда пары обозначается через A, более слабая через B. В многократных системах, состоящих из трех и более звезд, составляющие обозначаются через A, B, C, D...

Видимая близость звезд может об'ясняться или случайным соседством на небесном своде двух звезд, находящихся на совершенно различных расстояниях от наблюдателя, или реальной близостью звезд в пространстве. В первом случае двойная звезда называется *оптической*, во втором—*физической*. Характер связи между составля-



Черт. 26. Оптическая двойная звезда δ Геркулеса.

ющими двойной звезды определяется по их видимым относительным движениям. Если собственное движение звезд значительно различается по величине и направлению, то это является доказательством отсутствия физической связи между составляющими (черт. 26). В физических парах или *бинарных системах* спутник, подчиняясь закону тяготения, движется около главной звезды по эллиптической орбите. Так как плоскости орбит физических пар лежат под различными углами к лучу зрения, то истинные орбиты звезд обычно искажены вследствие проекции; по видимой орби-



Черт. 27. Бинарная система 70 Змееносца (период обращения 88 лет).

те можно, однако, определить форму и угловые размеры истинной орбиты, а если известен параллакс звезды, то вычислить линейные размеры орбиты и массу двойной звезды.

Периоды обращения известны с достаточной точностью приблизительно для сотни звезд и лежат в пределах

от 5.7 года (для δ М. Коня) до нескольких сотен лет. Большинство физических пар обладает весьма медленным относительным движением и вероятными периодами порядка сотен и тысяч лет. Так как точные измерения двойных звезд начались лишь в первой четверти девятнадцатого века, то для вычисления орбит этих звезд имеющегося наблюдательного материала еще недостаточно.

Многие двойные совершенно не показывают относительного движения; преобладающее большинство таких „относительно неподвижных“ звезд представляют вероятно физические пары с очень большим периодом.

Цветность составляющих двойной звезды иногда выражена весьма резко, причем встречаются цвета, не входящие в обычную для одиночных звезд шкалу охлаждения (белый—желтый—красный). Чаще всего наблюдаются ярко голубые и зеленоватые спутники при желтых или оранжевых главных. Подобная неестественная окраска спутников об‘ясняется оптической иллюзией, обусловленной близостью резко окрашенной главной звезды.

Применение спектроскопа позволило обнаружить двойные звезды, недоступные непосредственному наблюдению вследствие близости составляющих. Такие звезды, в отличие от поддающихся разделению в телескоп *визуальных* двойных, получили название *спектрально-двойных*. Если мы представим себе звезду, орбита которой лежит в плоскости луча зрения, то в момент наибольшего видимого удаления составляющих одна из них будет приближаться к наблюдателю со скоростью, равной скорости движения ее на орбите, а другая будет с соответствующей скоростью удаляться. Линии поглощения спектра каждой звезды, проектирующиеся на фон общего спектра обеих звезд, будут смещаться, по принципу Допплера-Физо, в противоположные стороны, и если смещение достаточно велико, то можно будет обнаружить раздвоение спектральных линий. Когда звезды, совершив четверть оборота, будут двигаться перпендикулярно к лучу зрения, спектральные линии возвратятся к среднему положению и сольются. Линии поглощения подобной двойной будут т. о. периодически раздваиваться и снова сливаться. Если разность

в яркости звезд превышает одну звездную величину, то линии спектра слабой звезды бывают обычно слишком бледны и недоступны наблюдению; в подобном случае мы наблюдаем лишь периодическое смещение линий главной звезды по обе стороны от среднего положения.

Составляющие спектрально-двойной звезды могут при обращении затмевать друг друга; многие спектрально-двойные являются поэтому и затменными переменными.

Систематические наблюдения спектрально-двойных звезд, которые ведутся в настоящее время исключительно путем регулярного фотографирования спектров, позволяют из периода раздвоения или смещения линий вывести период обращения, а размеры смещений линий дают возможность судить о скоростях составляющих на орбитах, о размерах и форме орбиты и о массе звезд.

В настоящее время известно свыше тысячи спектрально-двойных; в большинстве это яркие звезды, т. к. спектры слабых звезд трудно фотографировать и исследовать. Периоды обращения составляют в среднем 10 дней; наименьший известный период (у i Волопаса) составляет 8 часов, наибольший (у ε Гидры) 15.3 года. Последняя звезда может наблюдаться и как визуальная двойная. Преобладание звезд с короткими периодами понятно из самого метода поисков спектрально-двойных, делающего открытие звезды с коротким периодом обращения более вероятным, чем звезды с длинным периодом.

Схема орбиты Алголя (черт. 23) может послужить для иллюстрации относительных размеров составляющих и орбиты спектрально-двойной звезды.

В изложении теории Рёсселя было указано, что эволюция звезды сопровождается непрерывным сжатием ее. Если мы допустим, что звезда обладает вращением вокруг оси, то, по законам механики, звезда вместе с уменьшением об'ема будет вращаться все быстрее и быстрее. Джинс показал, что, когда вращение достигнет некоторого критического значения, звезда может распасться на две отдельных массы, которые будут обращаться вокруг общего центра тяжести. Такова теория происхождения спектрально-двойных звезд. Теоретические исследования

показывают также, что по ряду причин расстояние между составляющими вновь родившейся двойной будет, до известного момента, увеличиваться; возможно (хотя далеко еще не доказано), что спектрально-двойные звезды в конечном счете эволюционируют в визуальные бинарные системы.

Звездные скопления. Группы звезд, сильно сконцентрированные на небольшом участке неба называют *звездными скоплениями.* Общие очертания таких групп бывают или неправильными, со слабо выраженной концентрацией к средине скопления, или ввиде круга, с заметным сгущением звезд к средине. Неправильной формы скопления называют *рассеянными,* скопления правильного дискообразного вида — *шарообразными,* т. к. можно предполагать, что истинная форма таких скоплений шаровая или эллипсоидальная. Детальное исследование всех звездных скоплений показывает, что между указанными крайними типами существуют и промежуточные формы. Составленная Бэйли классификация звездных скоплений, основанная на их внешней форме и относительной яркости входящих в скопление звезд, приведена в табл. 28 отд. VI.

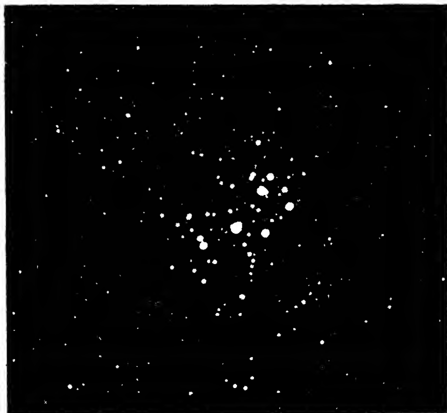


Рис. 28. Плеяды.
Типичное рассеянное звездное скопление.

Звездные скопления обозначают обычно их номерами в наиболее полном перечне звездных скоплений—„Новом Генеральном Каталоге туманностей и звездных скоплений“ Дрейера, обозначаемом сокращенно через NGC. Для нескольких десятков наиболее ярких скоплений иногда дают номера первого по времени каталога Мессье. Так, на-



Рис. 29. Шарообразное звездное скопление ω Центавра.
С фотографии отделения Гарвардской обсерватории в Арекипе (Перу).

пример, шарообразное звездное скопление в Геркулесе обозначают и NGC 6205 и M 13.

Видимые диаметры преобладающего большинства звездных скоплений лежат в пределах от 1′ до 30′. Число звезд в скоплениях бывает от 10 и до нескольких десятков тысяч. Шарообразные скопления гораздо богаче звездами, чем рассеянные.

Суммарная яркость звезд скопления, выраженная в звездных величинах, называется *интегральной яркостью* скопления. Интегральные яркости скоплений лежат в пределах от $1^1/_2$ (Плеяды) до 12 звездной величины.

В общем зависимость между указанными выше характеристиками звездных скоплений такова: чем меньше видимый диаметр, тем сгущеннее звезды в скоплении, тем правильнее форма и меньше видимая интегральная яркость. Поверхностная яркость скопления тем меньше, чем более оно рассеяно.

Если обозначим через μ интегральную яркость, через d диаметр скопления, через h среднюю поверхностную яркость скопления и через N число звезд на единицу площади, то соотношения между этими величинами для различных классов Бэйли будут в среднем таковы:

	μ	d	h	N
C3	7.2	9′	2.7	32.5
D1, D2 . .	6.6	16′	1.5	2.8
D3	5.9	27′	1	1

Наиболее яркие рассеянные скопления находятся от нас на расстоянии порядка 100—200 парсеков. Расстояния до шарообразных скоплений весьма велики; косвенный метод, основанный на связи периода найденных в скоплениях переменных Цефеид с их абсолютной яркостью, дает следующие значения для параллакса некоторых шарообразных скоплений:

ω Центавра	0″.00015
M11 . .	0 .00014
M13 . .	0 .00009
M3 . .	0 .00007

Звездные скопления распределены на небе неравномерно. Рассеянные скопления показывают отчетливо выраженную концентрацию к Млечному Пути; для шарообразных скоплений, помимо концентрации к линии галактики, замечается увеличение числа скоплений в направлении созвездий Стрельца и Скорпиона.

Ш е п л и, на основании исследования шарообразных скоплений, полагает, что все скопления составляют единую систему, центр которой лежит в плоскости галактики, по направлению созвездия Стрельца, и находится от нас на расстоянии 13000 парсеков.

Изучение яркостей и цветов звезд в звездных скоплениях показывает, что различные скопления находятся в различных стадиях эволюции, как по своему общему строению, так и по состоянию составляющих их звезд. Ш е п л и высказал гипотезу, что шарообразные скопления постепенно „распадаются", преобразуясь в рассеянные.

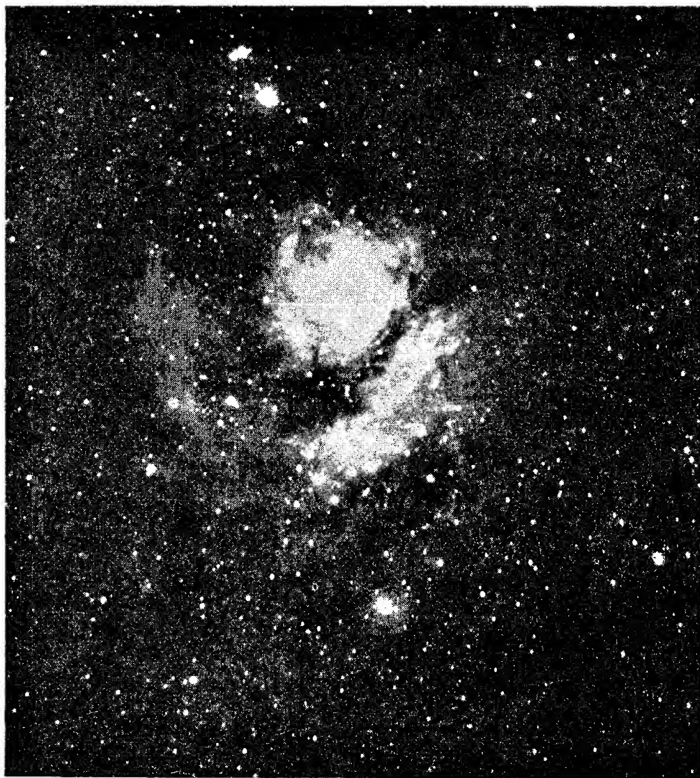
Млечный Путь. Млечный Путь имеет вид матовой белесоватой полосы, тянущейся на северном небе через созвездия Скорпиона, Змееносца, Стрельца, Орла, Стрелы, Лисицы, Лебедя, Цефея, Кассиопеи, Персея, Возничего, Единорога. Часть Млечного Пути, доступная в наших широтах наблюдению летом (в созвездиях Лебедя—Стрельца) гораздо шире и богаче звездами чем „зимняя" (в созвездиях Б. Пса—Возничего). От созвездия Лебедя и до Центавра Млечный Путь распадается на два почти параллельных потока. В настоящее время Млечный Путь носит еще название *Галактической системы* или *Галактики.* Центральная линия Млечного Пути расположена приблизительно по большому кругу небесной сферы, наклоненному под углом около 63° к небесному экватору. Полюсы этого *галактического круга* расположены в созвездиях Волос Вероники ($\alpha = 12$ ч. 40 м., $\delta = +28°$) и Скульптора ($\alpha =$ 0 ч. 40 м., $\delta = -28°$); они называются *галактическими полюсами.* Со времен Галилея и особенно Гершелей считается установленным, что сияние Млечного Пути происходит благодаря свечению бесчисленного количества слабых звездочек, расположенных очень скученно. Новейшие исследования выяснили, что в галактической плоскости замечается

Табл. II.



Планетарная туманность Думббель (М 27) в созв. Лисицы.
С фотогр. Ликской обсерватории.

W



N

Туманность M 8 в созв. Стрельца.
С фотогр. Ликской обсерватории.

концентрация не только слабых звезд вообще, но и звезд спектральных классов *O* и *B*, переменных класса Цефеид, рассеянных звездных скоплений, неправильных газовых и планетарных туманностей.

После исследований В. Гершеля принимается, что галактическая система имеет в общем форму вытянутого диска или пласта, длина или поперечник которого значительно больше его толщины. По исследованиям Шепли система Млечного Пути и шарообразных звездных скоплений образуют в целом одну гигантскую звездную систему, диаметром по меньшей мере в 300000 световых лет.

Изучение Млечного Пути при помощи фотографии выяснило, что слабые звезды, его составляющие, имеют тенденцию группироваться в отдельные звездные облака, среди которых часто встречаются размытые светлые туманности огромнейшего протяжения, а также „темные“ туманности, состоящие вероятно из мельчайших частиц твердой пыли. Солнце является звездой одного из звездных облаков, входящих в состав Галактической системы; звезды этого облака составляют, по современной терминологии, „местную систему“. Большинство ярких звезд, в частности звезд спектральных классов *B* и *A*, являются членами „местной системы“.

Строение системы Млечного Пути известно нам лишь в самых общих чертах. Голландский астроном Истон еще в середине прошлого столетия высказал гипотезу о спиральном строении Млечного Пути. По этой гипотезе наша Галактическая система с очень далекого расстояния имела бы вид спиральной туманности, вероятно со многими ветвями, похожей на большие спиральные туманности в созвездиях Андромеды и Треугольника. Огромные размеры спиральных туманностей, сравнимые с размерами Галактической системы, являются свидетельством в пользу гипотезы; непосредственное подтверждение ее является задачей будущего, так как мы пока не в состоянии делать какихлибо определенных заключений о расположении „облаков“ Млечного Пути в пространстве.

Туманности. Туманностями называются светлые, размытых очертаний небесные об'екты, весьма разнообразные

по форме и размерам. Свет туманностей очень слаб и, несмотря на большие видимые размеры многих из них, только 3—4 туманности на всем небе можно различить невооруженным глазом. Число туманностей, доступных при помощи фотографии современным инструментам, вероятно превышает миллион. Лишь незначительная часть их занесена в каталоги; наиболее полный каталог Дрейера содержит вместе с дополнениями около 13000 туманностей.

Обозначаются туманности обычно номерами тех же каталогов—Дрейера и Мессье—как и звездные скопления.

Все туманности можно разделить на несколько групп, совершенно различных по своей природе. Наиболее удачная классификация предложена в последние годы американским астрономом Хэблом; он разделяет туманности на 1) *галактические*, т.-е. принадлежащие к системе Млечного Пути, и 2) туманности *внегалактические*, лежащие за пределами Млечного Пути и, вероятно, весьма удаленные от него. Галактические туманности Хэбл разделяет на следующие подклассы: *a*) *туманности планетарные*, *b*) *туманности размытые* или *неправильные* и *c*) *темные туманности*. Изложим сначала вкратце, что известно в настоящее время о туманностях галактических.

Планетарные туманности в сильные телескопы представляются похожими на диски планет или на колечки с звездообразным ядром в центре. Изучение их с помощью фотографии показало, что в действительности строение их весьма сложно. Их размеры различны; наибольшие из них имеют от 3′ до 12′ в диаметре, наименьшие — всего несколько секунд. Расстояния от нас планетарных туманностей составляют, в среднем, около 200 световых лет, а их размеры около 7000 — 25000 астрономических единиц, — гораздо больше размеров солнечной системы. У ряда этих объектов открыто вращение вокруг оси; скорости вращательного движения лежат в пределах от 1.4 до



Рис. 30. Планетарная туманность NGC 3587 в Б. Медведице (диаметр 200″).

18 *км/сек*. Газовые спектры планетарных туманностей указывают на присутствие водорода и гелия; происхождение ярких линий в зеленой части спектра (линии „небулия“) и ряда линий в ультра-фиолетовой части спектра до сего времени установить не удалось. Ядра планетарных туманностей, по крайней мере наиболее значительных по размерам, имеют спектр звезд класса *O*, но с темными линиями; ядра меньших туманностей имеют обычный спектр *O* со светлыми линиями. Возможно, что свечение газов туманностей возбуждается центральными ядрами,—горячими звездами класса *O*.

Неправильные или *размытые* туманности вне всякого сомнения расположены в пределах нашей Галактической системы. К таким туманностям относятся: туманности в Плеядах, туманность Ориона, «крабовидная» в Тельце (*NGC* 1952) и др. Расстояния неправильных туманностей весьма различны: от 100 парсеков (туманности в Плеядах) до 200000 парсеков (*NGC* 6822) и, вероятно, до еще больших цифр. Размеры неправильных туманностей огромны; напр., туманность Ориона имеет в поперечнике около 3 парсеков (почти 10 световых лет). Свечение их, как показал Хэбл, вызывается в громадном большинстве случаев действием звезд, „связанных“ с такими туманностями. При этом надо различать: *a)* простое отражение света данной звезды частицами туманности (напр., у туманностей в Плеядах) и *b)* возбуждение свечения тех газов, из которых туманности состоят (пример—туманность Ориона). Таким образом, размытые туманности состоят, повидимому, из облаков отчасти газов, отчасти твердой „пыли“. Если туманность дает спектр из светлых линий, то в нем всегда замечаются линии водорода, гелия и небулия, иногда углерода и азота. Движение в размытых туманностях, исследованное до настоящего времени, можно характеризовать как хаотическое.

Темные галактические туманности были впервые исследованы Барнардом. Пример таких туманностей представляет туманность около ζ Ориона и знаменитый „угольный мешок“ в Южном Кресте. Кажущееся раздвоение Млечного Пути между созвездиями Лебедя и Центавра

также об'ясняется присутствием темной туманности, тянущейся вдоль Млечного Пути и закрывающей от нас центральную его часть. По исследованням Рёсселя темные туманности состоят, главным образом, из частичек тонкой пыли, в несколько миллионных долей сантиметра диаметром; слой такой пыли, примерно в 0.1 миллиграмма на квадратный сантиметр, должен быть, как показывает Рёссель, совершенно непрозрачным. Размеры и расстояния темных туманностей в среднем того же порядка, как и размытых туманностей; по существу между обоими классами вероятно нет никакой разницы, и темные туманности суть те же размытые туманности, лишенные непосредственного соседства ярких звезд и обнаруживаемые лишь в тех случаях, когда они проектируются на богатый звездный фон и загораживают свет лежащих за ними звезд.

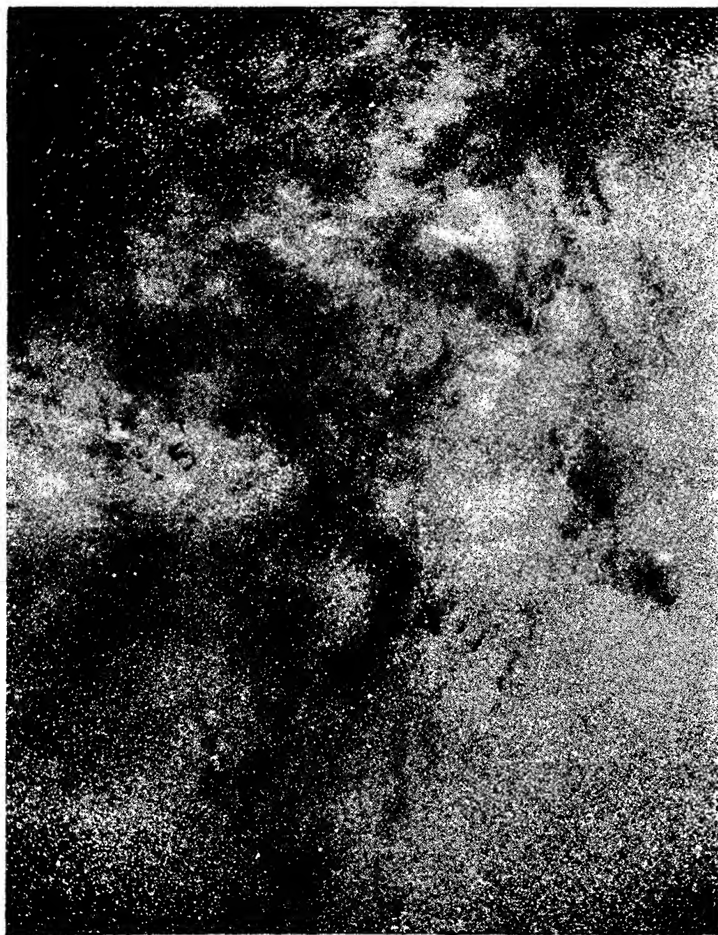


Рис. 31. Темная туманность близ ζ Ориона.

С фотографии в 100 дюйм. телескоп обсерватории Маунт Вильсон.

Внегалактические туманности. К внегалактическим туманностям принадлежат, по классификации Хэбла, *a*) туманности *правильные*, в свою очередь подразделяющиеся на *эллиптические*, *спиральные*, *шарсвидные* и *веретенообразные* и *b*) *туманности неправильные.*

Число неправильных внегалактических туманностей сравнительно невелико; некоторые из них на лучших фотографиях частично разлагаются на отдельные звезды. Шарообразные и элиптические скопления не показывают следов разложения на звезды и каких-либо деталей структуры, кроме центрального сгущения и постепенного ослабления яркости к краям. Веретенообразные или линзообразные



Млечный путь в созвездии Змееносца.
С фотогр. Э. Барнарда.

Табл. V.



Большая спиральная туманность Андромеды.
С фотогр. Иеркской обсерватории.

туманности представляют, вероятно, спиральные туманности, рассматриваемые „сбоку“. Последний класс внегалактических туманностей является в настоящее время наиболее подробно изученным. Спектр внегалактических туманностей сплошной, пересеченный рядом темных линий, и в общем напоминает спектр звезд солнечного типа. Иногда в спектре замечаются и светлые линии, но, повидимому, этот спектр дают газовые туманности, входящие в состав внегалактических. В спиральных и линзообразных туманностях удалось открыть и темные туманности ввиде полос или поясов, тянущихся вдоль ребра линзы.

В спиральных туманностях обнаружен ряд новых и переменных звезд. Особенно детально исследованы в этом отношении *M*31 (большая спиральная туманность Андромеды) и *M*33 в созвездии Треугольника; так с 1909 по 1926 год в туманности Андромеды открыто 67 новых. В новейшее время Хэбл на фотографиях *M*31 и *M*33 показал, что светлые узелки, наблюдавшиеся на ветвях спиральных туманностей, представляют собою в действительности звезды или группы звезд, как это задолго до него установил теоретически Джинс; открытие среди этих звезд переменных класса Цефеид позволило Хэблу определить, на основании зависимости между периодом и абсолютной звездной величиной Цефеид, расстояния туманностей; последние оказались для *M*33 равным 850 000 световых лет и для *M*31—900 000 световых лет.

Если спиральные туманности суть скопления звезд и неправильных туманностей, как и наша Галактическая система, то, вероятно, придется признать справедливой и гипотезу о существовании так называемых *островных вселенных*. Эта гипотеза давно считала спиральные туманности за отдельные, безмерно от нас далекие миры. И нашему Млечному Пути Истон еще в прошлом столетии приписал спиральное строение. После исследований Хэбла такие большие спиральные туманности, как *M*31 и *M*33, во всяком случае можно считать ближайшими к нам островными вселенными. Диаметр Млечного Пути во всяком случае *больше*, нежели диаметры *M*31 и *M*33; по оценке Хэбла диаметр *M*31 равен 14000 парсеков, а *M*33—только 5000 парсеков.

При современном состоянии наших знаний о строении, расстояниях и размерах внегалактических и особенно спиральных туманностей, мы можем считать, что если спиральные туманности—„острова“, наша система Млечного Пути — „материк“ (сравнение Шепли). Могут быть, конечно, и другие материки, пока нам неизвестные.

ОТДЕЛ II

ЭЛЕМЕНТЫ СФЕРИЧЕСКОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

ОТДЕЛ II.

Элементы сферической и теоретической астрономии.

Гл. I. Системы небесных координат.

Небесная сфера. Географические координаты. Горизонтальные координаты. Экваториальные координаты. Связь между экваториальными и географическими координатами. Эклиптические координаты.

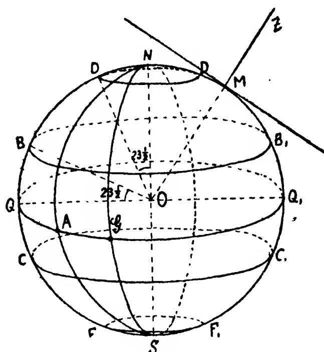
Хотя небесные тела удалены от нас далеко неодинаково, все они представляются наблюдателю отстоящими на одно и то же расстояние и расположенными как бы на внутренней поверхности огромной сферы. Радиус этой сферы принимают бесконечно большим; отсюда следует, что линии, проведенные к какой-либо точке на сфере из двух точек внутри ее, являются параллельными (точка схождения линий лежит в бесконечности) и что центром сферы можно принять любую точку внутри ее — напр., место наблюдения, центр Земли или центр Солнца. Подобное представление о бесконечно большой сфере, на которую проектируются все небесные светила, чрезвычайно упрощает решение многих вопросов, связанных с положением и движением небесных тел.

Видимым местом светила называется точка, в которой линия, проведенная к светилу от глаза наблюдателя, пересекает небесную сферу. *Видимое расстояние* между двумя светилами представляет собою угол между направлениями на оба светила от глаза наблюдателя. Не имея непосредственного представления о расстоянии от нас небесных тел, нельзя, очевидно, выражать видимые расстояния между ними в линейных единицах (напр. метрах), а исключи-

тельно в дуговых, — в градусах, минутах и секундах дуги большого круга на небесной сфере, соединяющей оба светила.

Для того, чтобы указать видимое место светила на небе, пользуются опорными системами воображаемых кругов на небесной сфере. Системы эти по существу сходны с описываемой ниже системой географических координат, служащей для определения положения пункта на поверхности Земли.

Географические координаты. Вращение Земли вокруг оси дает нам две первые опорные точки системы географических координат — концы оси вращения, называемые *полюсами* N — *северным* и S — *южным* (черт. 1). Дуги большого круга, проводимые между этими точками, называются *меридианами.* За начальный (нулевой) меридиан теперь принимается тот, который проходит через Гринич (*Greenwich*) — главную астрономическую обсерваторию Англии. Расстояние от первого меридиана до других измеряются в градусах дуги *земного экватора,*—большого круга, получающегося от пересечения земной поверхности с плоскостью, проведенною через центр Земли перпендикулярно оси вращения (круг QAQ_1 на черт. 1). Малые круги, параллельные экватору, называются *широтами* или *параллелями.* Параллель BB_1, отстоящая на $23^1/_2°$ к северу от экватора, называется *тропиком Рака.* Симметричная ей к югу от экватора — CC_1 называется *тропиком Козерога.* Параллели, отстоящие на $23^1/_2°$ от полюсов носят названия: *северный* (DD_1) *и южный* (FF_1) *полярный круг.*

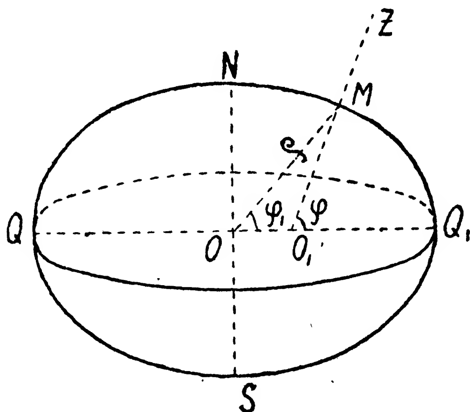


Черт. 1.

Положение данной точки M на земной поверхности определяется: 1) углом MO_1Q_1, образованным отвесной линией OMZ данной точки и плоскостью земного экватора; этот угол, называемый *географической широтой* места и

обозначаемый буквой φ, отсчитывается от экватора к северу от 0° до $+90°$ (северная широта) и к югу от 0° до $-90°$ (южная широта); 2) дугой экватора GA от нулевого меридиана до меридиана точки M, называемой *географической долготой* места и обозначаемой через λ; отсчет долготы производится от нулевого меридиана к востоку; долготу выражают или в градусах дуги, от 0° до 360°, или в единицах времени, от 0 ч. до 24 ч.; иногда счет ведут от 0° до $+180°$ к востоку (восточн. долгота) и от 0° до $-180°$ к западу (западная долгота).

Если бы Земля представляла из себя точный шар, то в любой точке земной поверхности продолженная вниз отвесная линия встретила бы земную ось в центре Земли O (черт. 2) и географическую широту можно было бы измерять дугой меридиана от экватора до данного места. Но вследствие вращения вокруг оси Земля несколько сплюснута у полюсов (на черт. 2 это сжатие Земли сильно преувеличено) и отвесная л и н и я встречает земную ось не в центре O, а в некоторой д р у г о й точке O_1. Угол MOQ_1, образуемый радиусом-вектором ρ точки M с плоскостью экватора, называется *геоцентрической широтой* и обозначается через φ'. Вследствие незначительности сжатия Земли разница между географической и гецентрической широтой данного места не превышает 12′, но в решении многих астрономических задач ее необходимо учитывать. При указании координат обычно приводится географическая широта; для перехода к геоцентрической широте служит таблица 29 отд. VI.



Черт. 2.

Системы небесных координат. Положение светил на небесной сфере, подобно положению точек земной поверхности, определяется дугами двух взаимно перпендикулярных больших кругов. Дуги эти называются *координатами* светила. Существует несколько систем небесных координат, в зависимости от выбора опорных кругов на небесной сфере; каждая из этих систем имеет свои особенности и области применения.

Горизонтальные координаты. Если в точке наблюдения O (черт. 3) продолжим вверх отвесную линию, то продолжение пересечет небесную сферу в точке Z, которая называется *зенитом*; продолженная вниз, линия отвеса встретит небесную сферу в невидимой для наблюдателя точке Z_1, называемой *надиром*. Плоскость, проведенная через точку O перпендикулярно к линии ZZ_1 даст в пересечении с **небесной** сферой большой круг $SBENW$, — *астрономический горизонт*. Параллельные горизонту круги (напр. CAC_1) называются *кругами высот*. Большие круги, перпендикулярные плоскости горизонта и проходящие через зенит, напр. $ZABZ_1$ называются *вертикальными кругами* или *вертикалами*. Вертикал $PZCSP_1Z_1NC_1$, проходящий через полюсы неба P и P_1 (определение полюсов см. ниже *экваториальные координаты*), носит название

Черт. 3.

---

*) Хотя мы мыслим небесную сферу безграничной, но для облегчения ознакомления с системами небесных координат на последующих чертежах она представлена ограниченной и рассматриваемой снаружи.

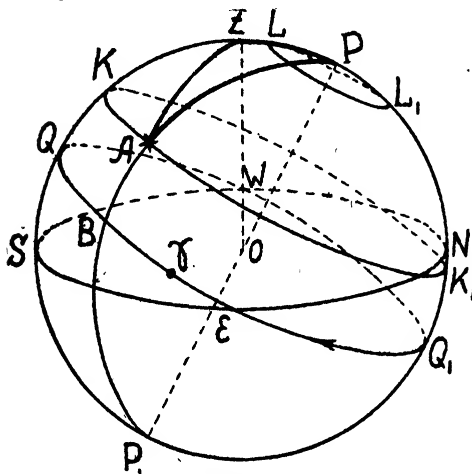
меридиана места наблюдения. Пересечение меридиана с плоскостью горизонта дает полуденную линию, отмечающую на горизонте *точку севера* N и *точку юга* S.

Основными плоскостями системы горизонтальных координат являются плоскость горизонта и плоскость небесного меридиана. Положение светила A (черт. 3) определяется: 1) дугой BA вертикального круга, проходящего через A, которая называется *высотой светила* и отсчитывается от горизонта к зениту от 0° до 90°; 2) дугой горизонта $SWNB$, лежащей между точкой юга и кругом высоты светила и называемой *азимутом* светила. Азимут отсчитывается от точки юга к западу от 0° до 360°; иногда счет ведется в обе стороны от 0° до 180°, причем отсчет на запад считается положительным, а на восток отрицательным. Обычно обозначают высоту буквой h, а азимут — буквой A. Вместо высоты светила иногда дают его *зенитное расстояние*, т. е. дугу вертикального круга между светилом и зенитом. Так как высота зенита $= 90°$, то, очевидно, зенитное расстояние $z = 90° - h$.

Экваториальные координаты. Наблюдая звездное небо в течение нескольких часов, мы заметим, что некоторые звезды поднимаются на востоке, другие заходят на западе и что положение всех созвездий относительно горизонта изменяется. При более долгом и внимательном наблюдении можно заметить, что звезды движутся по кругам, равномерно, как если бы вся небесная сфера, с прикрепленными к ней звездами, вращалась вокруг воображаемой *оси мира*, совершая полный оборот приблизительно в течение суток.

Это вращение небесного свода — явление кажущееся, и обусловлено вращением Земли вокруг ее оси. Точки P и P_1 (черт. 4), в которых ось вращения Земли пересекает небесную сферу, называются *полюсами мира*; вокруг этих точек совершается видимое суточное движение звезд. В наших широтах *южный полюс* P_1 находится под горизонтом; *северный полюс* P лежит на севере, приблизительно посередине между зенитом и горизонтом. Место северного полюса между звездами легко отыскать, т. к. приблизительно в 1° от него находится звезда 2 величины α Малой Медведицы, названная поэтому *Полярной*.

Большой круг QEQ_1, перпендикулярный оси мира PP_1 и разделяющий небесную сферу на два равных полушария, северное и южное, называется *небесным экватором*; *суточные параллели* суть малые круги параллельные небесному экватору (KAK_1, черт. 4). Пересечение небесного экватора с плоскостью астрономического горизонта дает прямую EW, концы которой определяют *точку востока* E и *точку запада* W. Вертикальный круг $ZEWZ$ (на черт. 4 не изображен), проходящий через E и W называется *первым вертикалом*.

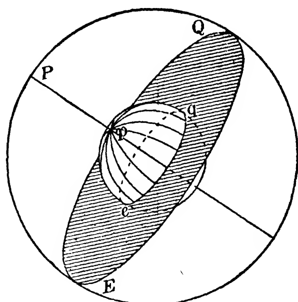


Черт. 4.

Плоскости, проходящие через ось мира PP_1, дают на сфере *круги склонений* (PAP_1 черт. 4). Круг склонений, проходящий через зенит Z места наблюдения O, совпадает с меридианом данного места. Небесный меридиан делит суточные параллели на две равные части; точки пересечения суточных параллелей с меридианом называются кульминационными, а время прохождения светил через меридиан — *кульминацией*. Кульминация бывает *верхней* (K, черт. 4), когда светило пересекает меридиан в части его, лежащей между полюсом и точкой юга S, и нижней (K_1, черт. 4), когда светило проходит через меридиан между полюсом и точкой севера N.

Основной плоскостью системы экваториальных координат является плоскость небесного экватора. Положение светила A (черт. 4) определяется двумя координатами: 1) *склонением* светила, т.-е. дугой AB круга склонений от светила до экватора; склонение обозначается через δ и отсчитывается от экватора к северному полюсу от 0° до

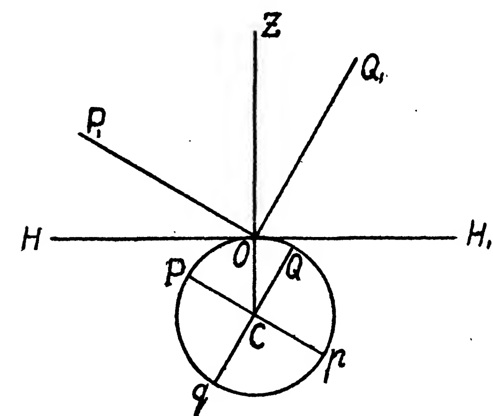
$+90°$ (северное склонение) и к южному полюсу от 0° до $-90°$ (южное склонение); 2) дугой экватора $\Upsilon Q_1 QB$, называемой *прямым восхождением* светила. Эта дуга отсчитывается от точки весеннего равноденствия Υ (определение последней см. в описании эклиптических координат) с запада на восток, т.-е. против движения небесного свода. Прямое восхождение обозначается через α и считается в градусах, от 0° до 360°, или во времени, от 0 ч. до 24 ч.



Черт. 5.

Вместо склонения иногда дают *полярное расстояние* светила, т.-е. расстояние его от полюса по кругу склонения (дуга PA, черт. 4). Т. к. расстояние от полюса до экватора $= 90°$, то полярное расстояние светила $= 90° - \delta$.

Так как положение оси мира определяется осью вращения Земли, то небесный экватор можно также определить как большой круг небесной сферы EQ (черт. 5), получающийся от пересечения небесной сферы плоскостью земного экватора eq. Экваториальная система, т. о., тесно связана с системой географических координат и представляет географическую систему, как бы отраженную на небесную сферу.



Черт. 6.

Высота полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения. Пусть на черт. 6 $POQpq$ представляет сечение Земли по меридиану места

наблюдения O; HOH_1—астрономический горизонт и Z—зенит точки O; линия OP_1, параллельная оси вращения Земли Pp, указывает направление полюса мира и OQ_1 лежит в плоскости небесного экватора. Географическая широта QCO точки O равна склонению зенита Q_1OZ (так как плоскость земного экватора параллельна Q_1O); но угол Q_1OZ = углу P_1OH, как образованные взаимно-перпендикулярными прямыми; отсюда угол Q_1CO = углу P_1OH.

Незаходящие и невосходящие светила. Светило называется незаходящим, если суточный путь его лежит целиком над горизонтом. Пусть на черт. 7 SN_1 — горизонт и Z — зенит места наблюдения O, и PP_1 — ось мира. Светило с северным склонением QN, движущееся по суточной параллели NN_1, в нижней кульминации N_1 будет находиться как раз на горизонте. Как видно из чертежа 7, склонение QN светила $N \doteq 90° - \varphi$; следовательно все светила северного неба со склонением $\delta > 90° - \varphi$ будут для данной северной широты φ незаходящими. Проследив путь светила с южным склонением QS, мы найдем, что в верхней кульминации светило будет касаться горизонта; отсюда следует, что все светила с южным склонением $\delta > 90° - \varphi$ будут на широте φ светилами *невосходящими*. Так напр., на широте 56° 20′ светила с северн. склонением $\delta > 90° - 56° 20' > 33° 40'$ будут незаходящими, а светила с южн. склонением $\delta > 33° 40'$, — невосходящими.

Черт. 7.

В экваториальной системе часто употребляется координата, называемая *часовым углом.* Часовой угол светила есть дуга экватора от меридиана места наблюдения до круга склонения светила (дуга QWQ_1B, черт. 4). Отсчет часовых углов производится или от 0° до 360° или в обе стороны от меридиана: от 0° до $+180°$ к западу и от 0° до $-180°$ к востоку. Часовой угол обычно обозначается через t; подобно прямому восхождению он может выражаться и в дуге, и во времени. Часовой угол точки весеннего равноденствия (дуга $QWQ_1♈$, черт. 4), выраженный во времени, показывает *звездное время* S, т. е. промежуток времени, протекший с момента прохождения точки весеннего равноденствия через меридиан до момента, когда она вследствие суточного вращения небесного свода перешла в положение ♈ на черт. 4 (см. ниже *Время*).

Из черт. 4 можно вывести следующее важное взаимоотношение между звездным временем, прямым восхождением и часовым углом светила, принимая во внимание направление, в котором производится отсчет этих величин.

$$QWQ_1♈ - ♈Q_1WQB = -QB.$$

или, в общем виде, подставляя приведенные выше обозначения,

$$S - \alpha = t,$$

т. е. *часовой угол светила в данный момент равен разности между звездным временем и прямым восхождением светила.*

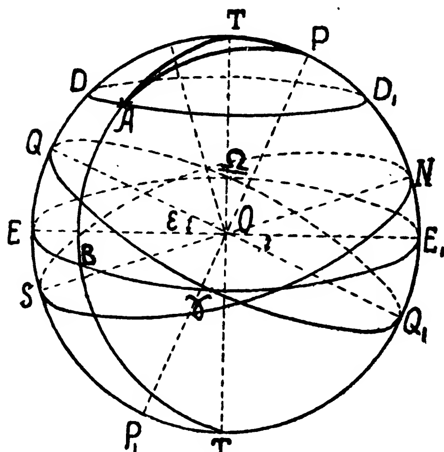
Во время верхней кульминации светила $t = 0$, и тогда

$$S = \alpha$$

т. е. *звездное время в момент кульминации светила равно его прямому восхождению.*

Эклиптические координаты. Вследствие движения Земли вокруг Солнца последнее представляется движущимся между звездами с запада на восток; в течение года центр Солнца описывает большой круг $E♈E_1$ (черт. 8), называемый *эклиптикой.* Плоскость эклиптики наклонена к плоскости небесного экватора под углом $QOE = 23^1/_2°$. Небесный

экватор и эклиптика пересекаются в двух точках: *точке весеннего равноденствия* ♈, в которой Солнце бывает около 21 марта, при переходе из южного полушария небесной сферы в северное, и в *точке осеннего равноденствия* ♎, которую Солнце проходит около 20 сентября в своем пути из северного небесного полушария в южное. Равноденственные точки лежат соответственно в созвездиях Рыб и Девы. Точки эклиптики, отстоящие на 90° от равноденственных, называются *точками солнцестояний*: летнего (находящаяся в северном полушарии) и зимнего (в южном полушарии).



Черт. 8.

Точки небесной сферы T и T_1, отстоящие от эклиптики на 90° называются *полюсами эклиптики.* Северный полюс эклиптики T находится в созвездии Дракона, между звездами ζ и δ. Плоскости, проходящие через линию TT_1, дают на небесной сфере большие круги (TAT_1 черт. 8), называемые *кругами широт.*

Основной плоскостью этой системы является плоскость эклиптики. Положение светила в эклиптических координатах определяется: 1) дугой BA круга долготы от эклиптики до светила, называемой *астрономической широтой*; астрономическая широта отсчитывается от 0° до + 90° к северу и от 0° до — 90° к югу от эклиптики и обозначается через β; 2) дугой ♈B эклиптики от точки весеннего равноденствия до круга широты светила, которая называется *астрономической долготой* и отсчитывается с запада на восток от 0° до 360°. Астрономическая долгота обозначается через λ.

Каждая из описанных выше систем координат имеет свои выгоды и недостатки и свои области применения.

Горизонтальные координаты весьма просты для ориентировки и непосредственно показывают условия видимости (высоту) светила на небесном своде.

Однако пользование горизонтальными координатами для указания места светила на небе весьма неудобно, т. к. азимут и высота светила непрерывно меняются вследствие суточного вращения небесного свода, и знание горизонтальных координат наблюденного светила еще недостаточно для того, чтобы можно было отыскать светило впоследствии,—необходимо знать и точное время наблюдения.

В экваториальной системе прямое восхождение и склонение светила не зависят и не меняются от суточного вращения небесной сферы, и опорные круги системы неподвижны относительно звезд, если не считать крайне медленного изменения положения небесного экватора между звездами, обусловленного *прецессией* (см. гл. II и IV). В силу указанного преимущества экваториальных координат и связи их с географическими, весьма облегчающей решение задач практической астрономии, видимые места светил на небесном своде даются исключительно в экваториальной системе.

Система эклиптических координат находит себе применение в теоретической астрономии. Пользоваться ею в практической астрономии крайне неудобно, т. к. в связи с суточным вращением небесного свода положение эклиптики относительно горизонта непрерывно изменяется.

Гл. II. Время.

Звездное время. Истинное и среднее время. Соотношение между звездным и средним временем. Местное время. Поясное время. Переводы времени. Сидерический и тропический год. Предварение равноденствий. Календарь. Юлианский период. Определение времени различных астрономических явлений.

Звездное время. Наиболее постоянной единицей времени, данной нам самой природой, является период полного обо-

рота Земли вокруг оси, называемый *звездными сутками*. Так как вращение Земли обуславливает собою кажущееся вращение небесного свода, то в течение звездных суток каждая звезда совершит полный оборот по своей параллели; в течение одного звездного часа звезда пройдет, следовательно, дугу в $360°:24=15°$, в течение звездной минуты $15°:60=15'$ и в течение звездной секунды—$15''$.

Началом звездных суток принимается верхняя кульминация точки весеннего равноденствия; отсюда звездные сутки можно определить как *промежуток между двумя последовательными верхними кульминациями точки весеннего равноденствия*. Промежуток времени, протекший от начала звездных суток до данного момента и выраженный в звездных часах, минутах и секундах называется *звездным временем*. Из определения часового угла (см. гл. I) следует, что звездное время в данный момент равно часовому углу точки весеннего равноденствия ♈. Но так как часовой угол ♈ определяет собою момент кульминации некоторого круга склонений PAP_1 (черт. 4), на котором может лежать светило A, отстоящее от ♈ по прямому восхождению на дугу ♈B, то можно сказать, что *звездное время в данный момент равно прямому восхождению кульминирующего светила*. Наблюдая кульминацию какой-либо звезды, прямое восхождение которой нам известно, мы тем самым определяем звездное время в момент наблюдения. Наблюдения прохождений звезд через меридиан являются поэтому первоисточником точного времени, и по ним поверяются часы астрономических обсерваторий.

Истинное и среднее солнечное время. В своем годовом движении между звездами Солнце проходит за сутки около 1° по прямому восхождению и, как бы отставая от вращения небесного свода, запаздывает кульминацией по сравнению с данной звездой приблизительно на 4 минуты звездного времени; следовательно *истинные солнечные сутки*, т. е. *промежуток между двумя последовательными верхними кульминациями центра Солнца*, на 4 зв. минуты длиннее звездных суток. Эта разница, накопляясь с каждыми сутками, составит в точности одни звездные сутки, когда Солнце по истечении года займет прежнее положе-

ние между звездами. Т. к. в году содержится 366.2422 звездных суток, то число средних солнечных суток в году составит 366.2422 — 1 = 365.2422. Начало звездных суток приходится т. о. в различные времена года то днем, то ночью, и счет времени звездными сутками представляет очевидное неудобство в нашей жизни и деятельности, регулируемой Солнцем; в основу счета времени положены поэтому солнечные сутки. *Истинное солнечное время* определится по аналогии со звездным временем, как *часовой угол центра истинного Солнца.*

Так как Земля движется по своей орбите с неравномерной скоростью, то видимое движение Солнца по эклиптике также не является равномерным; кроме того эклиптика наклонена под значительным углом к небесному экватору, и Солнце не проходит в одинаковые промежутки времени одинаковых дуг по прямому восхождению. В силу указанных причин истинные солнечные сутки не имеют одинаковой длины, и равномерно идущие часы не могут точно показывать истинное солнечное время. Чтобы избежать неудобств, связанных со счетом времени по истинному Солнцу, принимают, что некоторое воображаемое *среднее* Солнце движется вполне равномерно по небесному экватору и заканчивает свой годичный путь между звездами в точности в тот же период времени, как и истинное Солнце. *Средними солнечными сутками* называется *промежуток между двумя последовательными верхними кульминациями среднего Солнца.* Счет часов в сутках ведется от 0 до 24 ч. *Началом* средн. солнечных суток до 1925 г. в астрономии принималась *верхняя кульминация среднего Солнца—средний полдень;* т. о. астрономические сутки запаздывали наступлением на 12 ч. против гражданских, считаемых от полуночи. С 1 января 1925 г. счет времени был согласован с гражданским и *за начало принята нижняя кульминация среднего Солнца—средняя полночь*; *среднее солнечное время* получим, следовательно, прибавив 12 ч. к часовому углу среднего Солнца.

По причине неравномерности своего движения по прямому восхождению, истинное Солнце оказывается в течение года то впереди, то позади среднего. Разность между

прямыми восхождениями истинного и среднего Солнца или, иначе, разность между средним и истинным временем в данный момент, называется *уравнением времени*. Дважды в году, около 12 февраля и 26 июля, уравнение времени достигает наибольших положительных значений $+14.4$ м. и $+6.4$ м., т.-е. истинное Солнце следует тогда по прямому восхождению за средним и кульминирует соответственно на 14.4 м. или 6.4 м. после среднего. Около 3 ноября и 14 мая уравнение времени достигает наибольших отрицательных значений -16.4 м. и -3.8 м.; истинное Солнце предшествует тогда среднему и кульминирует раньше него. Четыре раза в год, около 15 апреля, 14 июня, 1 сентября и 25 декабря уравнение времени равно 0, т.-е. прямые восхождения истинного и среднего Солнца совпадают.

Так как звездное время в данный момент равно прямому восхождению кульминирующего светила, то звездное время в момент кульминации среднего Солнца—средний полдень—представит в то же время и прямое восхождение среднего Солнца; прибавив к нему (алгебраически) уравнение времени, мы получим прямое восхождение истинного Солнца в средний полдень. Поэтому в эфемеридах Солнца в переменной части Календаря прямые восхождения Солнца не даются, т.-к. их можно получить из даваемых на каждые сутки звездного времени и уравнения времени в средний Гриничский полдень.

Соотношение между звездным и средним временем. Так как в году (тропическом) содержится 366.2422 звездных и 365.2422 средн. солнечн. суток, то, приняв звездные сутки за единицу, получим для длины средн. солнечн. суток, выраженной в звездном времени

$$1 \times \frac{366.2422}{365.2422} = 1.002738$$

Обратно, если примем за единицу времени средние солнечные сутки, то длина звездных суток, выраженная в средн. солнечн. времени составит

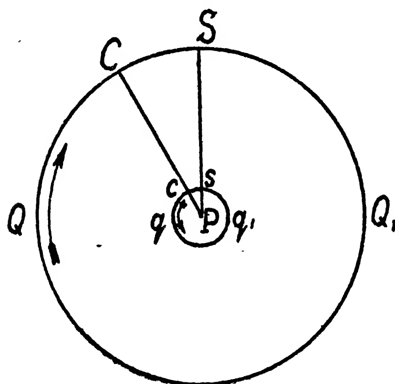
$$1 \times \frac{365.2422}{366.2422} = 0.997270$$

Переведя доли суток в минуты и секунды, получим:

длина средн. солн. суток = 24 ч. 3 м. 56.56 с. зв. времени, длина звездных суток = 23 ч. 56 м. 4.09 с. сред. солн. времени.

Пользуясь выведенными выше коэфициентами, 1.002738 для перевода среднего времени в звездное и 0.997270 для перевода звездного времени в среднее, мы сможем любой интервал среднего времени выразить в звездном, и обратно. Для облегчения переводов служат таблицы 7 и 8 отдела VI.

Местное время. Пусть на чертеже 9, где QQ_1 и qq_1 соответственно небесный и земной экваторы, лежащие в плоскости чертежа, среднее солнце S находится в меридиане пункта s земной поверхности и средние часы в s показывают, следовательно, 12 ч. Для пункта c, лежащего в 2 часах долготы к востоку от s, Солнце будет находиться к западу от меридиана на дугу прямого восхождения $CS = 2$ часам (т.-к. CS и cs стягивают один и тот же угол) и средние часы в c будут показывать 12 ч. + 2 ч = 14 часов.



Черт. 9.

Следовательно *в один и тот же физический момент показания средних часов различны для разных меридианов Земли и разность показаний часов двух пунктов равна разности географических долгот этих пунктов.*

Указанное правило, как легко уяснить, сохраняется и для показаний истинных солнечных и звездных часов.

Местным средним временем называется среднее солнечное время меридиана места наблюдения. Все эфемериды в переменной части Календаря даются по среднему Гриничскому времени (называемому также *мировым*), если только в таблицах не оговорено другое время. Для приведения табличного времени к местному среднему необхо-

димо придать к табличному моменту долготу места от Гринича, выраженную в единицах времени; если, напр., Гриничское время явления 2 ч. 45 м., то в Москве, лежащей в 2 ч. 30 м. к востоку от Гринича, явление будет наблюдаться в 2 ч. 45 м. + 2 ч. 30 м. = 5 ч. 15 м. по среднему Московскому времени.

Поясное время. Практическое неудобство применения местного среднего времени состоит в том, что каждый населенный пункт должен жить по времени своего меридиана и самостоятельно устанавливать время с точностью, зависящей от тех средств измерения времени и долготы, которыми данный пункт располагает. Эти обстоятельства крайне затрудняют службу времени в общегосударственном масштабе и создают неизбежную путаницу в сношениях между разными городами. Стремление упростить службу времени вызвало введение *поясного* времени, которое ныне принято почти на всем земном шаре.

Сущность счета времени по поясам заключается в следующем. Земной шар разделен меридианами на 24 пояса, от 0 до 23; каждый пояс захватывает по долготе 360° : 24 = 15°. Центральным меридианом 0 пояса принят Гриничский; меридианы, лежащие в $7^1/_2$° к западу и востоку от него образуют границы 0 пояса. Центральный меридиан 1 пояса лежит в 15° к востоку от Гриничского, границами 1 пояса служат меридианы $7^1/_2$° и $22^1/_2$° к востоку от Гринича и т. д. Счет времени на всем протяжении каждого пояса ведется по местному времени центрального меридиана; т.-к. последние отстоят друг от друга на 15°, то показания часов в соседних поясах различаются ровно на 1 час. Если, напр., часы в Гриниче показывают 9 ч. 40 м., то в первом поясе часы будут показывать 9 ч. 40 м. + 1 ч. = = 10 ч. 40 м., в 5 поясе 9 ч. 40 м. + 5 ч. = 14 ч. 40 м. и т. д. Следовательно для перевода средн. Гриничского времени в поясное время данного пояса к нему необходимо придать число часов, равное № пояса. Для того, чтобы привести среднее время какого-либо пункта к поясному, необходимо, очевидно, знать разность долгот данного пункта и центрального меридиана того пояса, в котором пункт лежит.

На практике не всегда удобно проводить границу пояса в точности по меридиану (напр., если на меридиане лежит большой город), и при определении границ поясов старались следовать естественным разделам и проводить границы через малонаселенные места; поэтому границы поясов представляют собою неправильные линии, приблизительно идущие вдоль пограничного меридиана.

Границы часовых поясов в пределах СССР даны на прилагаемой карте и, помимо того, перечислены в табл. 32 отд. VI.

Переводы времени. Ниже приведен ряд примеров, иллюстрирующих взаимную зависимость между различными системами измерения времени и способы приведения одного времени к другому.

Пример 1. Найти средн. местн. время в Ленинграде и Ташкенте для момента 3 ч. 2 м. 17 с. по средн. Харьковск. времени.

Находим разницу долгот λ (см. табл. 31 отд. VI).

Ленинград—Харьков=2 ч. 1 м. 1 с.—2 ч. 24 м. 54 с.=—23 м. 53 с.

Ташкент — Харьков = 4 ч. 37 м. 11 с.—2 ч. 24 м. 54 с. = + 2 ч. 12 м. 17 м.

Местн. средн. время в Ленинграде=3 ч. 2 м. 17 с.—23 м. 53 с.= =2 ч. 38 м. 24 с.

Местн. средн. время в Ташкенте=3 ч. 2 м. 17 с.+2 ч. 12 м. 17 с.= =5 ч. 14 м. 34 с.

Пример 2. Найти поясное время в Ленинграде (2 пояс), когда в Ташкенте (5 пояс) 9 ч. 2 м. 17 с. по поясн. времени.

Разница № поясов Ленинграда и Ташкента=2—5=—3.

Поясн. время в Ленинграде=9 ч. 2 м. 17 с.—3 ч.=6 ч. 2. м. 17 с.

Пример 3. Найти поясное время в Курске (3 пояс, λ=2 ч. 24 м. 51 с.) для момента 18 ч. 24 м. 30 с. по местн. средн. времени.

Долгота центральн. меридиана 2 пояса	2 ч. 0 м. 0 с.
Долгота Курска	2 ч. 24 м. 51 с.
Поправка для приведения местн. врем. к поясному	—24 м. 51 с.

Поясн. время=18 ч. 24 м. 30 с.—24 м. 51 с.=17 ч. 59 м. 39 с.

Для крупнейших населенных пунктов СССР поправки для приведения средн. местн. времени к поясному даны вместе с координатами в табл. 31 отд. VI.

Для решения обратной задачи приведения поясного времени к местному, следует взять, с соответствующим знаком, разность между долготой места и центральным меридианом пояса. Значения поправок из табл 31 отд. VI придется, следовательно, брать со знаком, обратным табличному.

Пример 4. Найти звездн. время для 16 ч. 23 м. 15 с. средн. времени 4 янв. 1928 в Гриниче.

Звездн. время для 12 ч. средн. Гриничск. врем.
4 янв. (из таблицы Солнца в переменн. части
Календаря . . . . 18 ч. 51 м. 26.2 с.
Интервал средн. врем. 4 ч. 23 м. 15 с., выраженный в звездном (по табл. 8 отд. VI) . . . . . 4 ч. 23 м. 58.3 с.
Искомое звездное время . . . . 23 ч. 15 м. 24.5 с.

Примечание. Если требуется найти звездн. время для момента средн. времени до полудня (менее 12 час.), то следует брать звездн. время для средн. Гриничск. полудня предыдущего дня.

Пример 5. Найти звездн. время для 16 ч. 23 м. 15 с. среднего времени 4 янв. 1928 г. в Н.-Новгороде (λ=2 ч. 56 м. 1 с.).

Действуя порядком, указанным в прим. 4, находим звездн. время в момент 16 ч. 23 м. 25 с. по средн. Гриничск. врем.=23 ч. 15 м. 24.5 с. Интервал среднего времени, протекший между моментами, когда средн. Нижегородские и средн. Гриничские часы показывали 16 ч. 23 м. 15 с., составляет 2 ч. 56 м. 1 с. (долгота Нижнего); переведя 2 ч. 56 м. 1 с. среднего времени в звездное, найдем, что за этот интервал звездные часы ушли вперед средних на 2 ч. 56 м. 1 с.—2 ч. 55 м. 32.1 с.=28.9 с. (эту поправку для приведения звездн. времени в данный момент средн. Гриничск. времени к звездному времени в тот же момент средн. времени другой долготы следует брать непосредственно из табл. 9 отд. VI). Отсюда звездн. время в 16 ч. 23 м. 15 с. средн. Нижегородск. времени составит 23 ч. 15 м. 24.5 с.—28.9 с.=23 ч. 14 м. 56 с.

Пример можно решить и несколько иным путем. Среднее Гриничское время в момент 16 ч. 23 м. 15 с. по средн. Нижегородск. времени составит 16 ч. 23 м. 15 с.– 2 ч. 56 м. 1 с.=13 ч. 27 м. 14 с. По звездн. времени в средн. Гриничск. полдень 4 янв.=18 ч. 51 м. 26.2 с. и протекшему от полудня интервалу средн. времени 1 ч. 27 м. 14 с., выраженному в звездн. времени, находим звездн. время в 13 ч. 27 м. 14 с. средн. Гриничск. времени=18 ч. 51 м. 26.2 с.+1 ч. 27 м. 28.4 с.= 20 ч. 18 м. 54,6 с. Т. к. разность показаний звездных часов в обоих пунктах равна разности долгот, то искомое время составит 20 ч. 18 м. 54.6 с.+2 ч. 56 м. 1 с.=23 ч. 14 м. 56 с.

Примечание. Т. к. звездн. время=прям. восхождению кульминирующего светила, то приведенное в примере решение даст возможность определить прямое восхождение светил, кульминирующих в данный момент средн. времени (так, по примеру 5, в 16 ч. 23 м. 15 с. средн. времени 4 янв. в Н.-Новгороде кульминируют звезды с прямым восхождением 23 ч. 14 м. 56 с.).

Если требуется грубо приближенное определение звездного времени, напр., для суждения о виде звездного неба, то можно руководствоваться следующими соображениями: 22 сентября точка осеннего равноденствия кульминирует в средн. полдень, и показания звездных и средних часов совпадают. Т. к. в сутки звездные часы уходят вперед приблизительно на 4 м. по сравнению с солнечными, то за месяц они уйдут на 4 м.×30=2 часа. Помня это, мы легко определим звездное время в среднюю полночь любого

дня в году. Поясним сказанное примером. Пусть нам нужно найти звездн. время в 2½ ч. средн. времени 30 января. За 4 месяца до 22 января звездн. часы уйдут на 2 ч.×4=8 ч. и за остальные 8 сут. до 30 января на 4 м.×8=32 м. Отсюда звездн. время в полночь 30 янв. составит 8 ч. + 32 м.=8½ ч., а в 2½ ч. составит 8½ ч. + 2½ ч. = 11 часов, т. е. в меридиане находятся светила с прямым восхождением около 11 час.

Пример 6. Найти средн. время в 23 ч. 15 м. 24 с. звездн. времени 4 янв. 1928 в Гриниче.

Находим интервал звездного времени, протекшего между средн. Гриничск. полуднем 4 янв. и данным моментом:

Звездное время в данный момент	23 ч. 15 м. 24 с.
Звездное время в средн. Гриничск. полдень . . .	18 ч. 51 м. 26.2 с.
Интервал звездн. времени	4 ч. 23 м. 57.8 с.
Этот же интервал в средн. времени (по табл. 7 отд. VI)	4 ч. 23 м. 14.8 с.

Искомое среднее Гриничское время = 12 ч. + 4 ч. 23 м. 14.8 с. = =16 ч. 23 м. 15 с.

Пример 7. Найти среднее время, соответств. 23 ч. 15 м. 24 с. звездн. времени 4 янв. 1928 в Н.-Новгороде.

Вычтя из звездн. времени в средн. Гриничск. полдень 4 янв. поправку на долготу Нижнего (см. пример 5), получим для звездного времени в средн. Нижегородск. полдень 18 ч. 51 м. 26.2 с—28.9 с.= 18 ч. 50 м. 57.3 с. В дальнейшем, действуя в порядке примера 6, находим интервал звездн. времени от средн. Нижегородск. полудня до данного момента=23 ч. 15 м. 24 с.—18 ч. 50 м. 57.3 с.= 4 ч. 24 м. 26.7 с. и, переведя его в среднее, находим искомый момент средн. Нижегородск. времени=12 ч.+4 ч. 23 м. 43.4 с.= 16 ч. 23 м. 43 с.

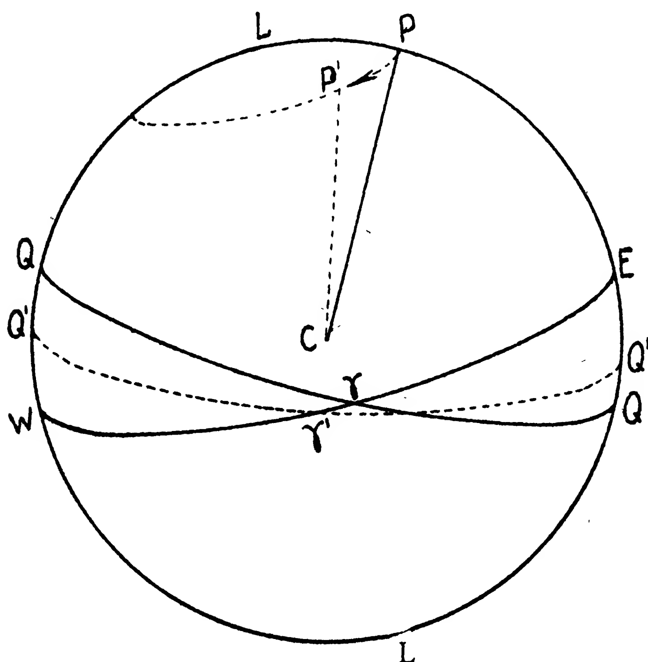
Примечание. Пользуясь примерами 6—7, мы сможем решить задачу, обратную указанной в примечании к примеру 5, т. е. определить среднее время по наблюдению момента кульминации светила.

Если, например, мы наблюдали в Н.-Новгороде 4 янв. 1928 г. прохождение через меридиан звезды, прямое восхождение которой= 23 ч. 15 м. 24 с., то по звездн. времени в момент наблюдения= 23 ч. 15 м. 24 с. мы отыщем среднее время наблюдения порядком, указанном в примерах 6 и 7.

Для приближенного определения средн. времени по наблюдению светила близ меридиана, находим порядком, указанном в примечании к примеру 5, звездное время в среднюю полночь и отыскиваем разность между прямым восхождением светила и зведн. временем в средн. полночь. Пусть, например, 30 янв. около момента верхней кульминации наблюдалась α Б. Медведицы (прям. восх. 11.0 ч.). Звездн. время в средн. полночь 30 янв.=8½ час. (см. примечание к примеру 5), следов. α Б. Медведицы кульминировала в 11 ч.— 8½ ч.=2½ ч. средн. времени.

Сидерический и тропический год. Предварение равноденствий. Период времени, в течение которого Солнце

совершает полный оборот по небу и возвращается к прежнему положению между звездами, называется *звездным* или *сидерическим годом*; продолжительность его составляет 365.25636 средн. солн. суток или 365 дн. 6 ч. 9 м. 9.5 с. Если бы точка весеннего равноденствия сохраняла посто-



Черт. 10.

янное место относительно звезд, то продолжительность сидерического года в точности совпадала бы с промежутком между двумя прохождениями Солнца через точку весеннего равноденствия. Но направление земной оси в пространстве непрерывно изменяется, в силу чего непрерывно изменяется положение полюса мира, небесного экватора и равноденственных точек. Полюс мира медленно перемещается между звездами, описывая вокруг полюса эклиптики окружность радиусом в $23^{1}/_{2}°$ в течение приблизи-

тельно 26000 лет; вследствие этого небесный экватор как бы скользит вдоль эклиптики, все время сохраняя один и тот же угол наклона к ней, и точка весеннего равноденствия совершает полный оборот по эклиптике в 26000 лет, перемещаясь с востока на запад. Пусть на чертеже 10 WE эклиптика, LL — полюсы эклиптики, и направление оси мира в некоторый момент представлено линией CP. Когда полюс мира в своем движении вокруг полюса эклиптики переместится в P', небесный экватор QQ примет положение $Q'Q'$ и точка весеннего равноденствия перейдет из в ♈ в ♈'. Предположим, что в момент, когда ось мира имела направление CP, Солнце находилось в ♈, и что положения CP и CP' оси мира разделены промежутком в один год; тогда Солнце, двигаясь по эклиптике с запада на восток (от W к E) встретит в конце года точку весеннего равноденствия ♈' раньше, чем совершит полный оборот по эклиптике. В силу этого *тропический год — промежуток между двумя прохождениями Солнца через точку весеннего равноденствия* — короче сидерического и самое явление перемещения ♈ носит название *предварения равноденствий* или *прецессии*. В течение года ♈ перемещается в среднем на $50''$; для того чтобы пройти эту дугу (♈♈' на черт. 10), Солнцу требуется 0.01416 сут.; отсюда длина тропического года = 365.25636 суток — 0.01416 сут. = 365.24220 сут. или 365 сут. 5 ч. 48 м. 46 с.

Календарь. Смена времен года определяется положением Солнца относительно небесного экватора; поэтому в основу гражданского летоисчисления положен тропический год, при котором начала времен года падают всегда на одни и те же дни года. Чтобы при счете гражданского года круглыми сутками сохранить среднюю длину гражданского года равной длине тропического, пользуются двумя правилами, составляющими основу *Грегорианского календаря* или *нового стиля*: 1) длина года принимается в 365 средн. солн. суток, за исключением тех лет, № которых делится на 4: эти *високосные* года имеют 366 суток (прибавляется 29 февраля); 2) из лет, № которых оканчивается двумя нулями, високосными считаются лишь те, сотни которых делятся на 4. Средняя длина Грегорианского

года лишь на 26 сек. превышает длину тропического и разница в одни сутки накопляется лишь в 3000 лет.

В Юлианском календаре (старый стиль) второе правило не соблюдается (напр., 1900 год был простым в Грегорианском и високосным в Юлианском календаре). Юлианский год т. о. несколько длиннее Грегорианского; разница в показаниях обоих календарей достигла 13 суток к началу текущего столетия. Юлианский календарь, как менее точный по сравнению с Грегорианским, в настоящее время совершенно оставлен; в России переход от Юлианского календаря к Грегорианскому был проведен в 1918 году.

Юлианский период. Ввиду неудобства точного сравнения длительных промежутков времени, выраженных в годах и днях, во многих астрономических работах, в частности при обработке наблюдений переменных звезд, момент явления часто выражают в днях *юлианского периода*, т. е. числом средних солнечных суток, протекших от некоторой условной эры—полудня 1 января 4713 г. до Христ. эры. Счет юлианских дней ($J.D.$) ведется *от полудня до полудня* и доли юлианских дней обычно выражаются десятичной дробью. Таблица 12 отд. VI дает число юлианских дней, протекших к 0 числу каждого месяца с 1891 по 1950 г.; кроме того, в эфемеридах Солнца, в переменнной части Календаря, дается число юлианских дней, протекших к каждому числу данного года. Ниже даны примеры перевода дат Грегорианского календаря в Юлианские дни и обратно.

Пример 1. Выразить дату 19 ч. 18 июля 1930 г. в юлианских днях.

По табл. 12 отд. VI находим число юлианских дней, протекших к полудню 0 июля 1930 г.	2426158
Число юлианских дней, протекших от 0 до 18 июля .	18
19 ч.—12 ч.=7 ч., протекших от полудня . . . 18 июля в долях суток (по табл. 11 отд. VI)	0.291667
Число протекших юлианских дней . .	2426176.291667

Пример 2. Найти календарную дату, соответствующую числу протекших юлианских дней 2418399.6375.

По таблице 12 отд. VI находим, что искомая дата лежит между 0 апр. и 0 мая 1909 г.; отыскав разность между заданным числом юлианского периода и числом дней, протекших до 0 апр. 1909 г.

$$2418399.6375-2418397=2.6375$$

и, переведя доли суток в часы, минуты и секунды по таблице 11 отд. VI, найдем дату 2 апр. 15 ч. 18 м. *пополудни*, или 3 ч. 18 м. 3 апреля 1909 года.

Определение времени различных астрономических явлений. Все даваемые в Календаре астрономические явления можно разделить на три группы.

1) *Явления, происходящие в один и тот же физический момент для всех пунктов земного шара.* Сюда относятся: лунные затмения, явления в системе Юпитера, начало времен года, прохождение Луны через перигей и апогей и т. п. Поясное время этих явлений получим, прибавив к данному в Календаре среднему Гриничскому времени явления число часов, равное № пояса.

2) *Явления, происходящие в разное время для различных мест, причем эта разница зависит только от долготы.* Такими явлениями будут кульминации Солнца, Луны и планет *).

3) *Явления, происходящие в разное время для разных мест, в зависимости от разности положений по долготе и широте.* К таким явлениям принадлежат восход и заход Солнца, Луны и планет, покрытия звезд и планет Луною, солнечные затмения и др. Явления этого рода требуют особых вычислений для каждого пункта в отдельности и рассматриваются в IV главе настоящего отдела.

Гл. III. Истинные и видимые движения тел солнечной системы.

Законы Кеплера. Движение Земли на орбите. Смена времен года. Истинные и видимые движения Луны. Истинные и видимые движения планет. Движение комет. Элементы планетных орбит. Эфемериды.

Движение небесных тел управляется открытым Ньютоном законом всемирного тяготения, заключающемся в том, что *всякая частица материи притягивается всякой другой частицей с силой прямо пропорциональной произведению масс частиц и обратно пропорциональной*

*) Пример на определение момента кульминации Луны дан в гл. IV вместе с примерами на определение восхода и захода Луны. Для среднего времени кульминации планет можно брать непосредственно среднее Гриничское время, т. к. прямое восхождение планет изменяется в течение суток незначительно.

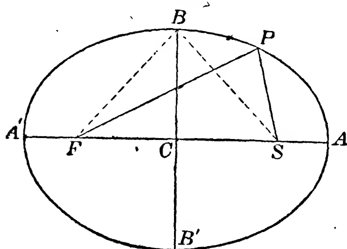
квадрату их взаимного расстояния. Следствием этого общего закона являются три закона движения планет, сформулированные впервые Кеплером и носящие его имя.

1 закон Кеплера. *Орбита каждой планеты представляет эллипс с Солнцем в одном из фокусов.*

2 закон. *Радиус-вектор планеты описывает равные площади в равные промежутки времени.*

3 (т. н. гармонический) закон. *Квадраты периодов обращения планет пропорциональны кубам их средних расстояний от Солнца.*

Эллипсом называется замкнутая кривая, обладающая тем свойством, что сумма расстояний каждой ее точки от двух постоянных точек внутри кривой, называемых *фокусами*, является величиной постоянной и равна большой оси эллипса. На черт, 11 F и S — фокусы эллипса, сумма расстояний $FP + SP$ данной точки P эллипса от обоих фокусов равна сумме расстояний от фокусов любой другой точки, напр. $FB + SB$ для точки B. Наибольший диаметр эллипса, проходящий через оба фокуса, называется *большой осью* эллипса (AA' черт. 11), перпендикулярный ему и делящий его пополам наимсньший диаметр BB' — *малой осью*. Точка C пересечения большой и малой оси называется центром эллипса. Фокусы эллипса лежат на одинаковых расстояниях от центра.



Черт. 11.

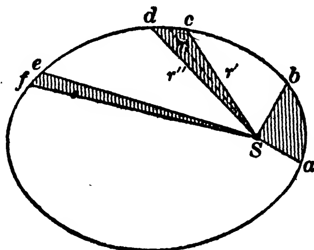
Расстояние FS между фокусами эллипса называется его *фокусным расстоянием*. Отношение фокусного расстояния к длине большой оси называется *эксцентриситетом*. Чем ближе эксцентриситет к единице, тем более вытянутым будет эллипс. В случае круга, который можно рассматривать как частный случай эллипса, когда оба фокуса совпадают в центре, эксцентриситет = 0.

Истинные движения Земли. Если примем, что эллипс на чертеже 11 представляет орбиту Земли, и Солнце находится в фокусе S, то ближайшая к Солнцу точка орбиты, называемая *перигелием*, и наиболее отдаленная — *афелий*—будут лежать, соответственно в A и A'. Линия, проходящая через эти точки и совпадающая по направлению с большой осью эллипса орбиты, называется *линией апсид*. Прямая SP, соединяющая Солнце с Землей в дан-

ной точке P земной орбиты называется *радиусом-вектором*. Эксцентриситет земной орбиты составляет 0.017, т.-е. орбита незначительно уклоняется от окружности, *Среднее расстояние* Земли от Солнца равно полусумме расстояний в перигелии и афелии и составляет, как видно из чертежа 11, половину большой оси орбиты.

Под влиянием притяжения других планет Земля при каждом своем обращении проходит точку перигелия после того, как совершит полный оборот по орбите; иными словами, линия апсид не сохраняет постоянного направления в пространстве, а медленно вращается около фокуса S в направлении движения Земли. В силу этого *аномалистический* год — промежуток между двумя последовательными прохождениями Земли через перигелий—почти на пять минут длиннее сидерического и составляет 365 дн. 6 ч. 13 мин. 53 сек.

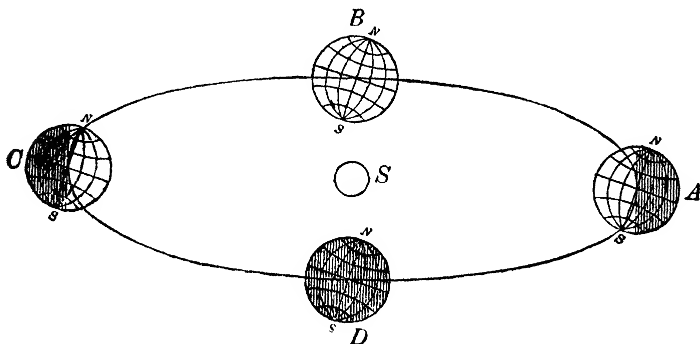
Относительная скорость движения Земли в различных частях орбиты определяется вторым законом Кеплера. На черт. 12 заштрихованные участки, пройденные радиусом-вектором Земли, равны по площадям и, следовательно, дуги ab, cd, ef, согласно второго закона Кеплера, описаны Землей в одинаковые промежутки времени. Из черт. 12 следует, что с наибольшей линейной и угловой скоростью Земля движется в перигелии, с наименьшей—в афелии. Разница линейных скоростей Земли в перигелии и афелии составляет 1 *км* в секунду, при средней скорости на орбите 29.8 *км/сек*.



Черт. 12.

Смена времен года. Наклон оси вращения Земли к плоскости орбиты обуславливает смену времени года. На черт. 13 представлены четыре положения Земли в ее годовом обращении вокруг Солнца. В положении A Земля бывает 22 декабря; южный полюс тогда обращен к Солнцу, и последнее в своем видимом годовом движении достигает точки зимнего солнцестояния, отстоящей в $23^1/_2°$ от небесного экватора. В южном полушарии тогда царит лето: Солнце в суточном движении подымается высоко

над горизонтом, а в области, ограниченной южным полярным кругом, Солнце совершенно не заходит. В север-



Черт. 13.

ном полушарии стоит зима: суточный путь Солнца низок, день короче ночи, и в северной полярной области Солнце даже в верхней кульминации не поднимается над горизонтом.

Через три месяца, 21 марта, Земля перейдет в положение *B*; если здесь продолжим плоскость земного экватора, то он пройдет через Солнце; поэтому Солнце окажется на небесном экваторе. Все географические параллели лежат наполовину в освещенном полушарии, и день везде равен ночи. В положении *C*, которое Земля занимает, около 21 июня, условия те же, что и в *A*, но обратны для земных полушарий, т. к. теперь к Солнцу обращен северный полюс; Солнце достигает точки летнего солнцестояния, и в северном полушарии стоит лето. Наконец в *D*, куда Земля приходит 23 сентября, день и ночь опять повсеместно равны.

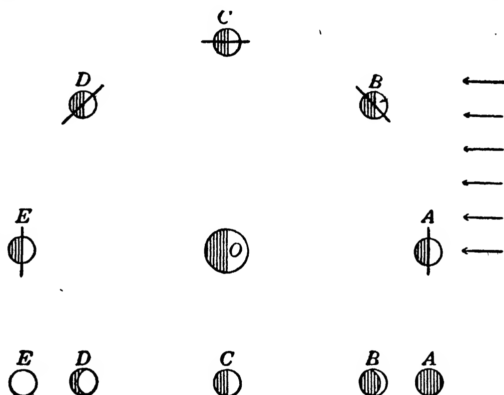
Начало времен года определяется моментами прохождения Солнца через точки равноденствий и солнцестояний. Т. к. Земля в настоящее время проходит перигелий 1 января, то видимое годовое движение Солца быстрее всего осенью и зимою (для северного полушария) и продолжительность этих времен года короче длины весны и лета. Различные времена года имеют такую продолжительность:

весна 92 дня 19 час.	осень 89 дней 19 час.
лето 93 дня 15 час.	зима 89 дней 1 час.

Истинное и видимое движение Луны. Луна движется вокруг Земли по эллипсу с небольшим (0.055) эксцентриситетом. Большая полуось лунной орбиты равна 385000 *км*. Вследствие эксцентриситета орбиты расстояние Луны от Земли изменяется в пределах от 356600 до 407100 *км* а видимый диаметр — от 19'.4 до 33'.6 Наиболее удаленная от Земли точка лунной орбиты называется *апогеем*, самая близкая — *перигеем*.

Промежуток времени, в течение которого Луна совершает полный оборот на орбите и возвращается к прежнему видимому положению относительно звезд, называется *сидерическим* месяцем; средняя длина сидерического месяца составляет 27.32 суток. В одни сутки Луна, следовательно, перемещается между звездами с запада на восток (против движения небесного свода) на 13°, и в один час приблизительно на $^1/_2{}^\circ$.

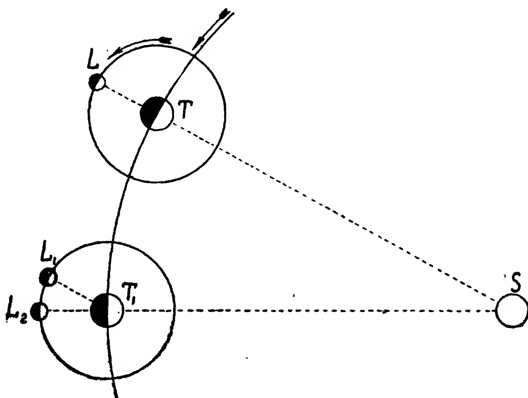
От положения Луны относительно Солнца зависит смена *фаз* Луны. Черт. 14 изображает схематически ряд положений Луны в промежутке между новолунием и полнолунием и соответствующий этим положениям вид Луны (нижний ряд рисунков) для наблюдателя *О* на Земле. Между полнолунием и новолунием изменение фаз протекает в обратном порядке.



Черт. 14.

Период времени между двумя последовательными одноименными фазами Луны называется *синодическим* месяцем. Продолжительность синодического месяца равна 29.53 суток. Черт. 15 иллюстрирует раз-

личие между сидерическим и синодическим месяцем. Пусть в некоторый момент Земля находилась в точке T своей



Черт. 15.

орбиты и Луна L в этот момент была в полнолунии. Через один сидерический месяц Земля переместится на орбите приблизительно на 27° (365.25 сут. : 27.32 сут.) и будет в T_1. Луна к этому времени опишет на своей орбите 360° и придет в положение L_1; для того, чтобы снова вернуться к фазе полнолуния, т.-е. занять положение на продолжении прямой ST_1, Луне необходимо будет пройти еще дугу L_1L_2.

Зависимость между длиною сидерического и синодического месяца связана простым соотношением. Пусть M — длина сидерического месяца, T — длина сидерического года и S — синодический месяц. Тогда в одни сутки Луна пройдет по своей орбите дугу в $^1/M$, а Солнце пройдет по эклиптике $^1/T$. Разность $^1/M - {}^1/T$ этих дробей покажет, на сколько Луна в своем видимом движении по небу обгоняет Солнце. Но в течение синодического месяца, равного S дней, Луна обгонит Солнце на полную окружность и возвратится к прежнему положению относительно

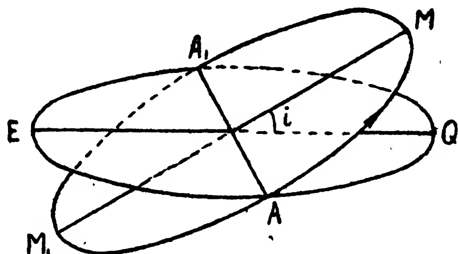
Солнца; за одни сутки она, следовательно, обгоняет на $^1/S$. Отсюда

$$\frac{1}{M}-\frac{1}{T}=\frac{1}{S}$$

или, по преобразовании,

$$S=\frac{MT}{M-T}.$$

Плоскость орбиты Луны MM_1 (черт. 16) наклонена к плоскости эклиптики EQ пол углом $i = 5° 9'$. Точки пересечения лунной орбиты с эклиптикой называются *узлами*: *восходящим* A, в котором Луна переходит в ту часть своей орбиты, которая лежит к северу от эклиптики, и *нисходящим* A_1. Восходящий и нисходящий узел обозначаются соответственно через ☊ и ☋. Линия AA_1, проходящая через узлы, называется *линией узлов*.



Черт, 16.

Положение лунных узлов на эклиптике не остается постоянным; при каждом последующем обращении Луна проходит через данный узел раньше, чем закончит сидерический период обращения; иными словами узлы лунной орбиты движутся вдоль эклиптики в направлении противоположном видимому движению Луны между звездами (т.-е. с востока на запад), и *драконический* месяц—промежуток между двумя последовательными прохождениями Луны через соответствующий узел, на 0.11 суток короче сидерического.

Истинные и видимые движения планет. Орбиты больших планет представляют, подобно земной, эллипсы с небольшим эксцентриситетом (наибольший эксцентриситет, у Меркурия, равен 0.206). Все, что было сказано выше об истинном движении Земли, в одинаковой степени относится и к истинным движениям планет.

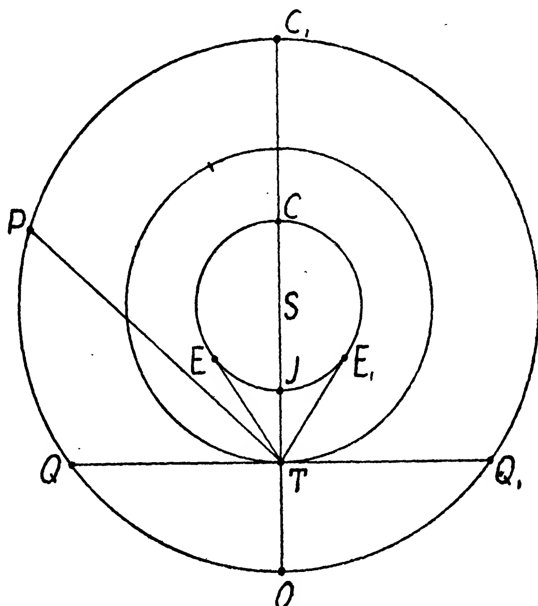
Плоскости планетных орбит наклонены к плоскости эклиптики под небольшими углами (см. табл. 3 отд. VI); поэтому в своем видимом движении планеты недалеко отходят от линии эклиптики и движутся в пределах пояса, границы которого лежат в $7^1/_2^\circ$ по обе стороны эклиптики. Этот пояс называется *зодиаком,* а лежащие в нем созвездия, числом 12, *зодиакальными* (см. табл. 22 отд. VI) *).

Промежуток времени, в течение которого планета завершает свое обращение вокруг Солнца, возвращаясь к исходному положению на орбите, называется *сидерическим периодом* обращения планеты. Сидерические периоды планет и их расстояния от Солнца связаны между собою третьим законом Кеплера (см. выше). Из третьего закона следует, что более отдаленные от Солнца планеты имеют и более продолжительные периоды обращения, и, следовательно, истинные движения их на орбитах и видимые движения по небесному своду совершаются медленнее.

По положению своих орбит относительно земной, планеты разделяются на 1) *нижние* (Венера и Меркурий), орбиты которых лежат между орбитой Земли и Солнцем, и 2) *верхние* (Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун), орбиты которых лежат за пределами земной. Черт. 17 иллюстрирует наблюдаемые с Земли различные положения планет относительно Солнца, называемые *планетными конфигурациями*. Средний круг изображает земную орбиту, с Землей в T, внешний и внутренний — соответственно орбиты внешней и внутренней планет. *Элонгацией* планеты называется угол между линиями, проведенными от Земли к Солнцу и планете (напр. угол STP для планеты P); элонгация определяет видимое угловое расстояние планеты от Солнца и бывает западной или восточной, в зависимости от того, видна ли планета в данный момент к западу или востоку от Солнца. Для верхних планет элонгация может принимать любое значение от

*) У некоторых малых планет наклонение орбит достигает 30-40°; такие планеты в своем видимом пути могут отходить от эклиптики далеко за пределы зодиального пояса.

0° до 180°; для нижних она должна иметь определенную максимальную величину, называемую *наибольшей элонгацией* (STE и STE_1, черт. 17). Для Венеры наибольшая



Черт. 17.

элонгация не может превышать 48° и для Меркурия — 28°. При элонгации равной нулю, планета находится в *соединении*, — *нижнем*, если планета лежит в I, между Землей и Солнцем, и *верхнем*, если планета находится за Солнцем в C или C_1. Когда элонгация равна 90°, напр. при положении верхней планеты в Q или Q_1, планета находится в *квадратуре*. *Противостоянием* называется момент, когда элонгация планеты составляет 180°, планета лежит в O. Очевидно, что нижние планеты не могут быть в противостоянии или в квадратуре, точно также как верхние не могут иметь нижнего соединения.

Промежуток времени между двумя последовательными одноименными конфигурациями, напр. между двумя верх-

ними соединениями или противостояниями, называется *синодическим периодом* обращения планеты. Разница между сидерическим и синодическим периодами обращения планеты обусловлена той же причиной, как и разница в длине синодического и сидерического месяца, и зависимость между ними может быть выражена выведенной выше формулой

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{P}-\frac{1}{T} \text{ или } S=\frac{TP}{T-P},$$

где T и P представляют соответственно сидерические периоды Земли и планеты и S — синодический период планеты. Для верхних планет, сидерический период которых длиннее года, формула примет вид

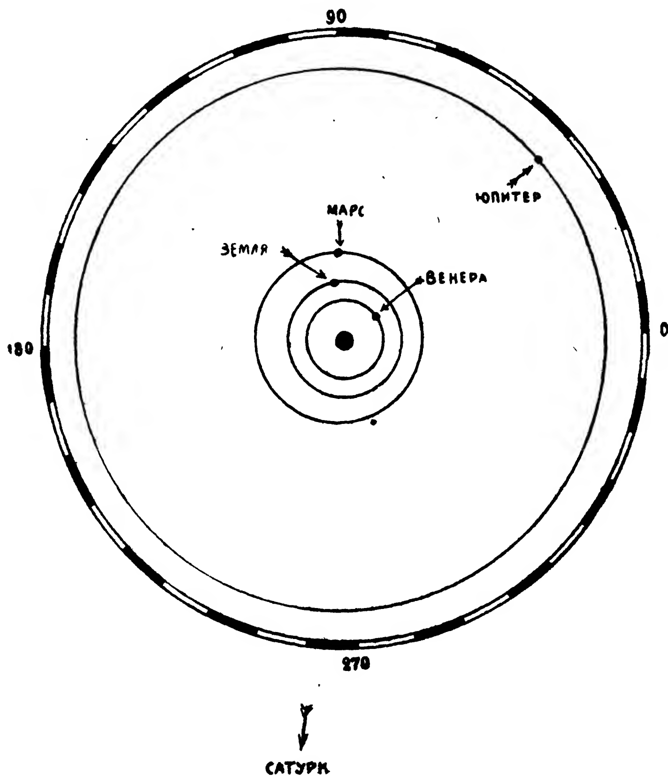
$$\frac{1}{S}=\frac{1}{T}-\frac{1}{P} \text{ или } S=\frac{TP}{P-T}.$$

Истинные положения планет на орбитах в данный момент можно представить с помощью чертежа 18, где дан схематический план солнечной системы с орбитами Венеры, Земли, Марса и Юпитера (орбиты Сатурна не дано, т. к. радиус ее в масштабе чертежа составил бы 6.5 *см*). Плоскость чертежа лежит в плоскости эклиптики; на внешнем круге, разделенном через 10°, 0° соответствует положению точки весеннего равноденствия. По *гелиоцентрическим долготам* планет*), даваемым на 1 число каждого месяца в переменной части Календаря, можно, пользуясь делениями на внешнем круге, нанести положения планет на орбитах в данный момент и составить приблизительное суждение о видимом расположении планет относительно друг друга и об условиях видимости планет.

---

*) Если система небесных координат отнесена к центру Солнца, то система называется г е л и о ц е н т р и ч е с к о й. В астрономии пользуются лишь эклиптическими гелиоцентрическими координатами; так, напр., гелиоцентрическая долгота планеты представляет угол, образованный направлениями из центра Солнца в точку весеннего равноденствия и в точку пересечения круга широты планеты с эклиптикой.

На черт. 18 показаны для примера положения планет на 1 января 1929 г. Гелиоцентрическая долгота Сатурна указана стрелкой. Возьмем нить длиною около 20 *см*; один конец нити закрепим булавкой в точке земной орбиты, где показано положение Земли на 1 января 1929; другой конец закрепим вне чертежа так, чтобы нить проходила через Солнце. Тогда нить изобразит меридиан



Черт. 18.

места наблюдения в полдень 1 января; углы между нитью и направлениями Земля—планета покажут элонгацию каждой планеты. Если необходимо знать расположение планет относительно меридиана в восемь часов вечера 1 января, то чертеж следует повернуть около булавки (оставляя нить - меридиан неподвижной) на 120° в направлении часовой стрелки, соответственно движению

небесного свода. Подобным же образом можно вращением чертежа определить последовательность кульминаций планет, по мере их прохождения через нить, и приблизительное время кульминации по углу поворота чертежа.

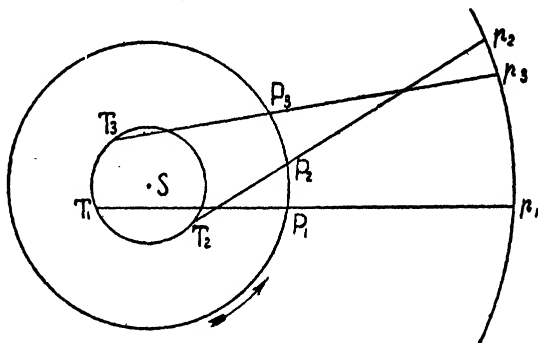
Для наблюдателя, находящегося на Солнце, планеты представлялись бы движущимися всегда в одном направлении вдоль зодиакального пояса, возвращаясь к прежнему месту между звездами к концу сидерического периода обращения. При наблюдении с Земли видимые движения планет представляются более сложными, т. к. здесь изменение положений планет вследствие движения их на орбитах складывается с движением самой Земли.

Видимое движение верхней планеты можно проследить, пользуясь, напр., картами путей Юпитера или Сатурна, помещаемыми ежегодно в переменной части Календаря. Близ момента верхнего соединения планета обладает наиболее быстрым *прямым* движением — с запада на восток. С течением времени прямое движение все более и более замедляется, пока совершенно не прекратится — планета приходит в *стояние*. После стояния планета начинает итти *попятным* движением — с востока на запад, скорость попятного движения достигает наибольшего значения близ противостояния, после чего начинает постепенно уменьшаться; планета снова приходит в стояние и затем идет прямым движением к верхнему соединению. С началом следующего синодического периода весь описанный цикл движений планеты повторяется снова.

Так как большую часть времени планета идет прямым движением, то к концу синодического периода она оказывается к востоку от того положения, которое она занимала в начале периода; по истечении сидерического периода обращения планета обходит все небо и возвращается приблизительно к тому же положению между звездами.

Причину попятного движения планет можно уяснить из черт. 19. На чертеже представлены орбиты Земли T и внешней планеты P, и даны три положения Земли и планеты на их орбитах, разделенные одинаковыми промежутками времени. Для простоты допущено, что Земля и планета

движутся по круговым орбитам, лежащим в одной плоскости. Пусть в определенный момент Земля и планета находились в T_1 и P_1 и планета проектировалась на небесный свод в p_1. Через некоторый промежуток времени Земля придет в положение T_2, планета за этот период опишет меньшую дугу P_1P_2 и будет видна на небесном своде в p_2. Положению Земли в T_3 будет соответствовать положение планеты на орбите P_3 и видимое место на небесном своде в p_3. Т. о. в период между P_1 и P_2 планета будет представляться движущейся прямым движением — в направлении своего



Черт. 19.

истинного движения на орбите, и в период между P_2 и P_3 — попятным движением. Т. к. плоскости планетных орбит наклонены к плоскости орбиты Земли, то планеты в своем попятном движении не следуют в точности тому пути, который они прошли прямым движением, и видимые пути планет в течение синодического периода имеют вид петель или зигзагов.

Нижние планеты в своем видимом движении относительно Солнца представляются как бы качающимися по обе стороны от Солнца, отходя от него попеременно к востоку и западу на величину наибольшей элонгации (E и E_1, черт. 17). После верхнего соединения планета отходит к востоку от Солнца и становится видимой в лучах вечерней зари. Условия видимости планеты улучшаются до

момента наибольшей восточной элонгации E; затем планета начинает приближаться к Солнцу и, придя в нижнее соединение, становится недоступной для наблюдений. После нижнего соединения планета появляется к западу от Солнца и видна по утрам перед восходом Солнца; достигнув наибольшей западной элонгации E_1, планета снова возвращается к верхнему соединению.

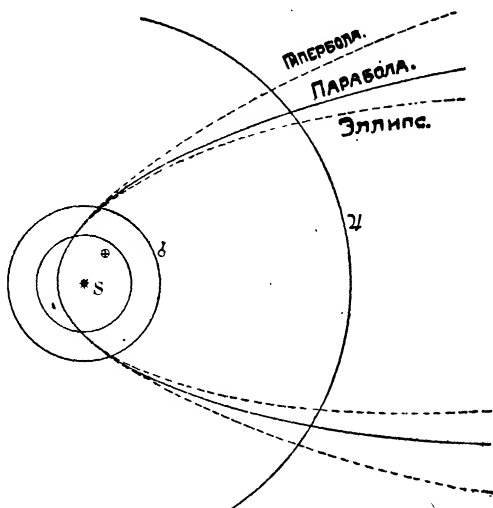
Фаза планеты показывает, какую часть освещенного Солнцем полушария планеты можно наблюдать с Земли. Величина фазы определяется *фазовым углом*, образуемым направлениями от планеты к Солнцу и к Земле (напр. угол SPT, черт. 17), и измеряется отношением площади освещенной части видимого диска ко всей его площади. У нижних планет фазовый угол изменяется от 0° (близ верхнего соединения, фаза = 1) до 180° (в нижнем соединении, фаза = 0, планета не видна), т. е. нижние планеты показывают полную смену фаз. У верхних планет фазовый угол незначителен и достигает наибольшего значения близ моментов квадратуры. У Марса фаза не бывает меньше 0.84; у прочих верхних планет фаза почти совершенно не заметна.

Движение комет. Характерным отличием орбит комет от планетных является большой эксцентриситет и часто значительный угол наклонения плоскости орбиты к эклиптике. Для коротко-периодических комет (с периодами от 3 до 10 лет), которых известно до пятидесяти, наклонение орбит составляет в среднем 15° и лишь для нескольких достигает 30°; эксцентриситет не превосходит 0.900. У преобладающего большинства прочих комет, наблюдавшихся в течение последних двух столетий, плоскости орбит совершенно не показывают тенденции к группировке в плоскости эклиптики, и орбиты по форме не уклоняются от параболы.

Если станем увеличивать длину большей оси a эллипса, сохраняя величину малой оси b постоянной, то эллипс будет становиться все более и более вытянутым; эксцентриситет эллипса будет увеличиваться, стремясь к единице. Допустим, что a бесконечно велико; тогда один из фокусов эллипса будет лежать в бесконечности и мы получим уходящую ветвями в бесконечность разомкнутую кривую, называемую *параболой*. Эксцентриситет пара-

болы=1. Для нескольких комет обнаружено движение по отличной от параболы разомкнутой кривой, называемой *гиперболой* (черт. 20).

Теоретические исследования показали, что орбиты, принимаемые за параболические, должны представлять собою эллипсы с эксцентриситетами, близкими к единице, и периодами обращения, достигающими десятков тысяч лет; т. о. кометы в подавляющем большинстве являются членами нашей солнечной системы. Трудность определения кометных орбит иллюстрирует черт. 20, где даны орбиты Земли, Марса и Юпитера и отрезки гиперболической, параболической и весьма эксцентричной эллиптической кометных орбит, обладающих одинаковым расстоянием перигелия от Солнца. Из чертежа видно, что в пределах орбиты Земли все три вида кометных орбит тесно совпадают; т. к. кометы доступны наблюдению лишь в незначительной, ближайшей к Солнцу, части своей орбиты, то наблюдательного материала часто бывает недостаточно, чтобы определить истинную форму орбиты, и выбор останавливают на параболической орбите, как самой легкой для вычисления.



Черт. 20.

Элементы планетных орбит. Эфемериды. Элементами планетных орбит называется ряд величин, определяющих размеры, форму и положение в пространстве орбиты, и позволяющих вычислить положение светила на орбите для данного момента. Величины эти следующие:

a—*большая полуось орбиты*; длина большой полуоси выражается в астрономических единицах;

e—*эксцентриситет*;

i—*наклонение орбиты* к плоскости эклиптики;

☊—*долгота восходящего узла*, отсчитываемая от точки весеннего равноденствия в направлении движения Земли;

ω—*расстояние перигелия от восходящего узла*, т. е. угол между направлениями в восходящий узел и в перигелий, отсчитываемый в плоскости планетной орбиты от ☊ в направлении движения планеты; вместо ω иногда дают *долготу перигелия*, равную ☊+ω;

P—*сидерический период обращения*;

ε—*эпоха*, т. е. гелиоцентрическая долгота планеты в определенный момент, напр. 1 января 1900 г. (или *T*—дата прохождения через перигелий).

Первые пять элементов определяют самую орбиту и положение ее в пространстве; последние два служат для определения места планеты на орбите в данный момент.

Для параболических кометных орбит, где $e=1$ и $a=$ бесконечности, вместо этих элементов дается *q*—*расстояние перигелия от Солнца.*

Если бы планета находилась только под влиянием Солнца, то движение ее совершалась бы в точности по законам Кеплера, элементы орбиты сохраняли постоянную величину, и вычисление положения планеты на орбите не представляло бы трудности. Но каждая планета в любой момент находится также под влиянием притяжения других планет; это притяжение несколько изменяет тот путь, который планета описывала бы под притяжением одного Солнца, и вызывает т. н. *возмущения* в движении планеты. Необходимость учитывать возмущения делает вычисление положения планеты на орбите одной из труднейших задач теоретической астрономии.

Точное знание элементов орбиты позволяет вычислить положение светила на небе за большой период времени вперед или назад. Ряд таких положений, вычисленных через равные промежутки времени, называется *эфемеридой* све-

тила. Эфемериды Солнца, Луны, больших планет и их спутников регулярно публикуются в астрономических ежегодниках на несколько лет вперед.

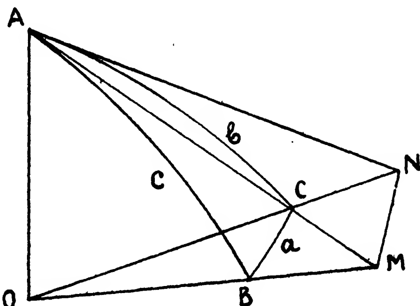
Гл. IV. Некоторые вопросы и задачи сферической астрономии.

Основные формулы сферической тригонометрии. Переход от одной системы координат к другой. Параллакс. Рефракция. Вычисление моментов кульминации, восхода и захода светил. Сумерки. Физические координаты Солнца и планет. Видимые места звезд.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ СФЕРИЧЕСКОЙ ТРИГОНОМЕТРИИ.

Решение вопросов сферической астрономии сводится в большинстве случаев к вычислению сферических треугольников. Такими треугольниками мы называем части шаровой поверхности, ограниченные тремя пересекающимися дугами больших кругов. Три плоскости, проходящие чрез центр шара, разделяют его поверхность на восемь частей, из которых каждая будет сферическим треугольником. Самые дуги, ограничивающие треугольник. называются его *сторонами*, а точки пересечения этих дуг—его *вершинами*. Двугранные углы между плоскостями дуг называются углами сферического треугольника.

Соединив вершины треугольника с центром шара прямыми линиями, получим при центре трегранный угол. Нетрудно видеть, что свойства сторон и углов сферического треугольника совершенно одинаковы со свойствами плоских и двугранных углов трегранного угла, известными из элементарной гео-



Черт. 21.

метрии. Для трегранных углов: 1) сумма плоских углов больше нуля и меньше $4d$, 2) сумма двугранных углов больше $2d$ и меньше $6d$. Для сферических треугольников: 1) сумма сторон больше нуля и меньше $4d$, 2) сумма углов больше $2d$ и меньше $6d$. Легко получить и зависимости между сторонами и углами в сферическом треугольнике.

Пусть ABC (черт. 21) будет сферический треугольник, a, b, c—его стороны и A, B, C—его углы. Здесь угол A есть двугранный угол между плоскостями AOB и AOC, причем O есть центр шара. Проведем в точке A касательные AM и AN до пересечения в точках M и N с продолжениями радиусов OB и OC. Тогда по известной теореме имеем:

$$MN^2 = AM^2 + AN^2 - 2AM.AN.\cos A.$$
$$MN^2 = OM^2 + ON^2 - 2OM.ON.\cos a.$$

Приравняв правые части и зная, что при радиусе шара, равном единице, величины $AM = \operatorname{tg} c = \frac{\sin c}{\cos c}$, $AN = \operatorname{tg} b = \frac{\sin b}{\cos b}$, $OM = \frac{1}{\cos c}$; $ON = \frac{1}{\cos b}$, найдем:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A. \qquad (1)$$

Таким же путем можно найти:

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$
$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

Эти три формулы являются основными. Дальнейшим развитием и преобразованием их можно получить все остальные формулы сферической тригонометрии. Так напр. получаем следующие формулы:

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c} \qquad (2)$$

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A \qquad (3)$$

Рассмотрение равенств (2), а также свойств углов и сторон сферического треугольника наводит на мысль о существовании другого сферического треугольника, в котором углы являются дополнениями сторон первого до $2d$, а стороны—дополнениями углов первого до $2d$. Такой треугольник, действительно, может существовать, т. к. указанное выше

равенство (2) для него сохраняется, причем сумма его углов $(2d-a)$, $(2d-b)$, $(2d-c)$ будет изменяться в пределах от $2d$ до $6d$, а сумма сторон $(2d-A)$, $(2d-B)$, $(2d-C)$ в пределах от нуля до $4d$. Этот второй треугольник носит название *полярного*. Для него, как и для всякого сферического треугольника, будет справедлива формула (1):

$$\cos(180-A)=\cos(180-B)\cos(180-C)+$$
$$+\sin(180-B)\sin(180-C)\cos(180-a),$$

откуда

$$-\cos A=\cos B\cos C-\sin B\sin C\cos a \qquad (4)$$

также

$$-\cos B=\cos A\cos C-\sin A\sin C\cos b$$
$$-\cos C=\cos A\cos B-\sin A\sin B\cos c$$

Таким образом, пользуясь свойствами полярного треугольника, мы можем получить новые зависимости между сторонами и углами сферического треугольника.

В случае $A=90^0$, т. е. в случае прямоугольного сферического треугольника, формулы (1), (2) и (4) обращаются в

$$\cos a=\cos b\cos c \qquad (5)$$

$$\sin a=\frac{\sin c}{\sin C} \qquad (6)$$

$$\cos a=\operatorname{ctg} B\operatorname{ctg} C \qquad (7)$$

При решении сферических прямоугольных треугольников также нередко приходится пользоваться формулами:

$$\operatorname{tg} b=\sin c\operatorname{tg} B \qquad (8)$$

$$\operatorname{tg} c=\operatorname{tg} a\cos B \qquad (9)$$

ПЕРЕХОД ОТ ОДНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ К ДРУГОЙ.

Пользуясь формулами сферической тригонометрии, можно координаты светила, выраженные в данной системе координат, выразить в другой системе.

1. Переход от экваториальных координат к горизонтальным:

В $\triangle PZA$ (черт. 4): $\smile PZ=90-\varphi$, $\smile PA=90-\delta$, $\smile ZA=z$, $\angle ZPA=t$, $\angle AZP=180-A$; из этого треугольника имеем:

$$\left.\begin{aligned}\cos z&=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t\\ \operatorname{ctg} A&=\frac{\sin\varphi\cos t-\cos\varphi\operatorname{tg}\delta}{\sin t}\end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Для обратного перехода:

$$\left.\begin{aligned}\sin\delta&=\sin\varphi\cos z-\cos\varphi\sin z\cos A\\ \operatorname{ctg} t&=\frac{\sin\varphi\cos A+\cos\varphi\operatorname{ctg} z}{\sin A}\end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

2. Переход от экваториальных координат к эклиптическим:

В $\triangle ATP$ (черт. 8): $\smile TP = \varepsilon$, $\smile TA = 90 - \beta$; $\smile PA = 90 - \delta$; $\angle ATP = 90 - \lambda$, $\angle TPA = 90 + \alpha$; из этого треугольника имеем:

$$\left.\begin{aligned} \sin\beta &= \sin\delta\cos\varepsilon - \cos\delta\sin\varepsilon\sin\alpha \\ \lambda &= \frac{\cos\varepsilon\sin\alpha + \sin\varepsilon\operatorname{tg}\delta}{\cos\alpha} \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

Для обратного перехода:

$$\left.\begin{aligned} \sin\delta &= \sin\beta\cos\varepsilon + \cos\beta\sin\varepsilon\sin\lambda \\ \operatorname{tg}\alpha &= \frac{\cos\varepsilon\sin\lambda - \sin\varepsilon\operatorname{tg}\beta}{\cos\lambda} \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

Пример 1. Найти зенитн. расстояние z и азимут A α Ориона в Н.-Новгороде ($\varphi = 56° 20'$, $\lambda = 2$ ч. 56 м.) 11 марта 1928 в 19 ч. 56 м. ср. Ниж. вр., если известны координаты α Ориона: $\alpha = 5$ ч. 51 м. 16 с. и $\delta = + 7° 23' 40''$.

Для указанного момента средн. Нижегородск. врем. находим звездное время $s = 7$ ч. 12 м. 24 с., откуда часовой угол $t = s - \alpha$ $= 1$ ч. 21 м. 8 с $= 20°$ $17'$. Далее находим по формулам (10): $z = 51° 28' 52''$ и $A = + 26° 3' 54''$.

Пример 2. Даны долгота λ и широта β центра Луны 12 августа 1928 в 0 ч. ср. Гр. вр.: $\lambda = 92° 20' 8''$, $\beta = + 2° 10' 31''$, найти экваториальные координаты α и δ в указанный момент, зная, что $\varepsilon = 23° 26' 59''$.

По формулам (13) найдем: $\alpha = 92° 35' 17'' = 6$ ч. 10 м. 21 с., $\delta = + 25° 36' 14''$.

ПАРАЛЛАКС.

Пусть какое-нибудь светило S (черт. 22) наблюдается из точки L земной поверхности по направлению LS. Перенесемся мысленно в центр Земли T; тогда то же светило будет наблюдаться уже по другому направлению TS, которое составит с прежним направлением угол $LST = p$, который наз. *параллаксом*; видимое (кажущееся) перемещение светила, происходящее благодаря действительному перемещению наблюдателя, называется *параллактическим*. Координаты светила, определяемые из точек L (*видимые*) и T (*геоцентрические*) будут, очевидно, неодинаковы.

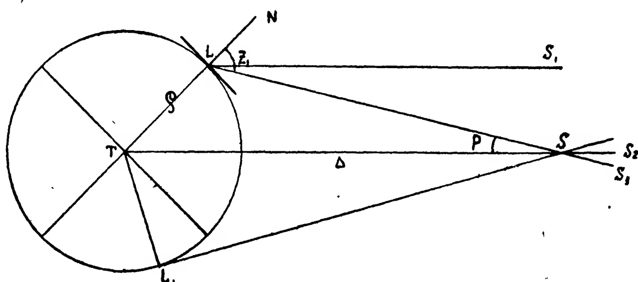
Обозначим $TL = \rho$, $LS = \Delta$, угол $NLS = z_1$ (угол z_1, если не принимать во внимание сжатия Земли, можно определить, как зенитное расстояние светила S); тогда по теореме синусов получим:

$$\rho : \sin p = \Delta : \sin (180 - z_1) \qquad (14)$$

или

$$\sin p = \frac{\rho}{\Delta} \sin z_1.$$

Из этой формулы следует что p зависит от z_1, которое меняется в течение суток; поэтому угол $LST = p$ наз. *суточным параллаксом*; если светило находится на горизонте, то угол L_1ST наз. *горизонтальным параллаксом.*



Черт. 22.

Рассматривая треугольник TSL, можно определить горизонтальный параллакс как угол, под которым со светила виден радиус ρ места наблюдения; так как вследствие сжатия Земли радиусы ее не равны, при указании параллакса светила дают угол, под которым виден экваториальный радиус Земли; этот угол называется *экваториальным горизонтальным параллаксом* и обозначается через π.

Из формулы (14) следует, что $\Delta = \rho \cdot \frac{\sin z_1}{\sin p}$, т.-е. определение расстояний светил от Земли сводится к нахождению их экваториальных горизонтальных параллаксов. Та же формула указывает, что чем ближе наблюдаемое светило к Земле, тем будет больше его параллакс. Для Солнца π (в среднем) $= 8''.80$; расстояние, соответствующее этому параллаксу, наз. *астрономической единицей* расстояний и равно 149 500 000 *км.*

В эфемеридах тел солнечной системы даются *геоцентрические* координаты; для приведения их к видимым

необходимо учесть влияние параллакса. Последний для большинства светил не превышает $^1/_2{}'$, но для Луны может достигать 62′.

Пусть α и δ будут геоцентрические координаты светила, и α_1 и δ_1 — видимые, тогда разности $\alpha - \alpha_1$ и $\delta - \delta_1$ будут параллаксами по прямому восхождению и склонению. С достаточной точностью эти разности могут быть вычислены по следующим приближенным формулам:

$$\alpha - \alpha_1 = t_1 - t = \frac{\rho}{a} \pi \cos \varphi' \frac{\sin t}{\cos \delta} \qquad (15)$$

и

$$\delta - \delta_1 = \pi \left(\frac{\rho}{a} \sin \varphi' \cos \delta - \frac{\rho}{a} \cos \varphi' \sin\delta \cos t \right) =$$

$$= \frac{\rho}{a} \pi \sin \varphi' \frac{\cos(\delta + f)}{\cos f} \qquad (16)$$

где a — экваториальная полуось земного сфероида, принимаемая $= 1$, φ' — геоцентрическая широта места, ρ радиус места наблюдения, π экваториальный горизонтальный параллакс светила, t — часовой угол, равный $s - \alpha$ (s звездное время) и f — вспомогательный угол, определяемый из равенства:

$$\operatorname{tg} f = \operatorname{ctg} \varphi' \cos t \qquad (17)$$

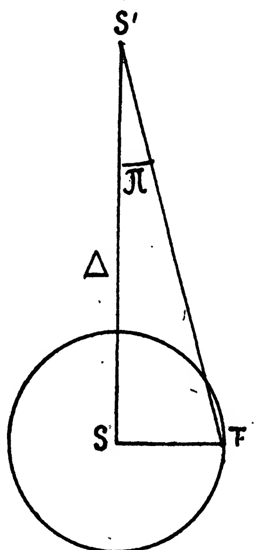
Разности $\alpha - \alpha_1$ или $t_1 - t$, а также $\delta - \delta_1$ получаются в тех же единицах (минутах или секундах дуги), в которых выражена величина π.

Пример. Найти видимые α и δ Луны 28 августа 1928 в Н.-Новгороде в 0 час. ср. Гр. вр. или в 2 час. 56 м. ср. Нижегородского времени.

Для Н.-Новгорода имеем: $\lg\rho \sin\varphi' = 9.91833$, $\lg\rho \cos\varphi' = 9.74486$ (табл. 29 отд. VI). Из Календаря для указанного момента находим: $\alpha = 19$ ч. 56 м. 32 с., $\delta = -24°\ 44'.0$, $\pi = 56'.0$, зв. время $= 22$ ч. 23 м. 52 с. В Н.-Новгороде в 2 ч. 56 м. зв. время будет $s = 1$ ч. 19 м. 52 с., след. часовой угол $t = s - \alpha = 5$ ч. 23 м. 20 с. $= 80°50'$. По формулам (15) и (16) получаем: $\alpha - \alpha_1 = +33'.8$, $\delta - \delta_1 = +44'.2$; след. $\alpha_1 = 298°34'.2 = 19$ ч. 54 м. 17 с., $\delta_1 = -25°\ 28'.2$.

Т. к. светила наблюдаются с земной поверхности, то видимая высота их меньше геоцентрической, т. е. параллакс, как говорят, понижает светило. Влияние параллакса на азимут незначительно.

Вследствие огромных расстояний от нас звезд, горизонтальный экваториальный параллакс их исчезающе мал; поэтому расстояния звезд выражают через угол, под которым со звезды виден радиус земной орбиты (последнюю можно в этом случае принять за круговую). Этот угол называется *годичным параллаксом* звезды. Пусть на черт. 23 S — Солнце, S_1 — Звезда и T — Земля, S_1S перпендикулярна к ST; тогда угол $SS_1T = \pi$ представит годичный параллакс звезды S_1. Годичные параллаксы звезд не превышают $1''$ (см. отд. I, Звезды).



Черт 23.

Расстояние, соответствующее параллаксу в $1''$ и равное 206265 астр. единиц называется *парсеком*. Вместо параллаксов звезд иногда даются расстояния их в парсеках; так $\pi = 0''.05$ соответствует расстоянию в 20 парсеков.

РЕФРАКЦИЯ.

Благодаря тому, что Земля окружена атмосферой, имеющей различную плотность на разных высотах, луч света от светила S (черт. 24), прямолинейно идущий до пределов атмосферы, войдя в нее, благодаря преломлению или *рефракции* становится криволинейным, и наблюдатель M видит светило по касательной к кривой пути светового луча в точке M, т.-е. по направлению MS_1. Угол S_1MS_2, называемый *углом рефракции*, есть угол между видимым направлением на светило и тем направлением, по которому светило было бы видимо при отсутствии атмосферы ($MS_2 \| AS$); угол ZMS_1 называется *видимым зенитным расстоянием*, а угол ZMS_2—*истинным*.

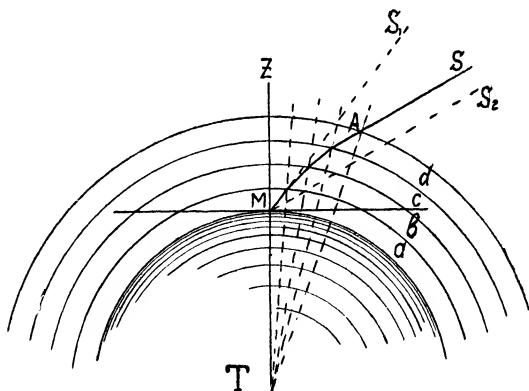
Так как рефракция уменьшает зенитное расстояние светила, то видимая высота светила = истинной + рефракция. В зените рефракция = 0 и достигает в среднем $35'$

на горизонте. Величину рефракции, при температуре $+10^\circ C$ и давлении 760 *мм*, можно приближенно выразить формулой

$$r_0 = 58'' \operatorname{tg} z_1 \tag{18}$$

где z_1 — видимое зенитное расстояние светила. Эта формула пригодна для зенитных расстояний до 70°.

Рефракция изменяется в зависимости от температуры и давления, увеличиваясь с понижением температуры и по-



Черт. 24.

вышением давления. В табл. 13 отд. VI дана средняя рефракция для $t + 10^\circ$ C и давления 760 *мм*, вместе с формулой поправки на температуру и давление; эта формула вполне удовлетворит практическим целям при t от $+20^\circ C$ до $-20^\circ C$.

Поглощение света земной атмосферой. Помимо рефракции влияние атмосферы сказывается также в поглощении света, идущего от небесных тел; поглощение зависит от толщины слоя атмосферы, проходимого лучом света и изменяется в зависимости от зенитного расстояния светила. Приведенная в табл. 14 отд. VI средняя величина поглощения света для различных зенитных расстояний может значительно колебаться в зависимости от атмосферных условий места наблюдения.

ВЫЧИСЛЕНИЕ МОМЕНТОВ КУЛЬМИНАЦИИ, ВОСХОДА И ЗАХОДА СВЕТИЛ.

Кульминация. Пусть требуется узнать момент верхней кульминации светила для данной восточной долготы τ. Обозначим моменты верхней кульминации в Гриниче *) для данного дня через τ и для предыдущего через τ_1, и найдем разницу $\tau - \tau_1$, соответствующую разности долгот на 24 часа; деля $\tau - \tau_1$ на 24, получим изменение момента кульминации для 1 часа долготы; для долготы λ изменение будет $= \lambda \cdot \frac{\tau - \tau_1}{24}$. Таким образом время верхней кульминации для данной долготы λ составит

$$T = \tau - \lambda \cdot \frac{\tau - \tau_1}{24}.$$

Пример 1. Найти время кульминации Луны в Н.-Новгороде ($\lambda = 2$ ч. 56 м.) 29 июля 1928.

Из эфемерид Луны имеем: τ (для 29 июля) $= 21$ ч. 51 м., τ_1 (для 28 июля) $= 21$ ч. 0 м; $\tau - \tau_1 = 51$ м.; след. $T = 21$ ч. 51 м. — $- 2{,}93 \cdot \frac{51}{24}$ м. $= 21$ ч. 51 м. — 6 м. $= 21$ ч. 45 м. по местному времени $= 21$ ч. 45 м. $+ 4$ м. $= 21$ ч. 49 м. по поясному времени.

Восход и заход светил с поправкой на параллакс, рефракцию и видимый полудиаметр. Вследствие рефракции светило кажется нам заходящим тогда, когда оно уже находится под горизонтом почти на 35′, т. к. рефракция повышает светило. Поэтому зенитное расстояние центра светила при восходе и заходе следует принимать равным $90° - (\pi - 35')$, где π есть горизонтальный параллакс, а 35′ — поправка на среднюю рефракцию на горизонте. Подставляя эти величины вместо z в формулу (11) $\cos z = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t$, получим для часового угла восхода или захода

$$\cos t = \frac{\sin(\pi - 35') - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta} \qquad (19)$$

---

*) Моменты верхней кульминации в Гриниче Солнца, Луны и планет даются в эфемеридах переменной части Календаря.

Выразив теперь во времени часовой угол t и найдя интервалы среднего времени $\tau - \tau_1$ и $\tau_2 - \tau$ между последовательными верхними кульминациями, заключающими восход и заход, помножим величину t на отношения $\frac{\tau - \tau_1}{24}$ и $\frac{\tau_2 - \tau}{24}$; полученное время (полудневный интервал) вычитаем или прибавляем ко времени τ верхней кульминации. Таким образом найдем:

$$\left.\begin{aligned} \text{время восхода} &= \tau - t \cdot \frac{\tau - \tau_1}{24} \\ \text{время захода} &= \tau + t \cdot \frac{\tau_2 - \tau}{24} \end{aligned}\right\} \quad (20)$$

Для неподвижных звезд отношения $\frac{\tau - \tau_1}{24}$ и $\frac{\tau_2 - \tau}{24}$ равны 0.99727 ($\tau - \tau_1$ и $\tau_2 - \tau_1$ для звезд равны 23 ч. 56 м. 4 с.); для Солнца они равны единице.

Параллакс всех светил, кроме Луны, при вычислении восхода и захода можно принять равным 0; средний горизонтальный экваториальный параллакс Луны $= 58'$.

При вычислении восхода и захода верхнего края Луны и Солнца зенитное расстояние центра светила следует увеличить на среднее значение видимого полудиаметра диска, составляющее у Луны и Солнца $16'$. Зенитное расстояние центра в этом случае составит для Луны $90° - 58' + 35' + 16' = 89° 53'$ и для Солнца $90° + 35' + 16' = 90° 51'$; формула (19) примет вид:
для Луны

$$\cos t = \frac{\sin 7' - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta}, \qquad (21)$$

и для Солнца

$$\cos t = -\frac{\sin 51' + \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta}. \qquad (22)$$

Для упрощения вычисления восхода и захода светил служат таблицы 15, 16, 17 и 18 отд. VI. Способ пользования таблицами указан ниже в примерах 2, 3, 4 и 5.

Пример 2. Вычислить восход и заход Солнца в Воронеже ($\varphi = 51^\circ 40'$) 5 января 1928.

Из эфемерид Солнца на 1928 имеем для $\varphi = 56^\circ$ и $\lambda = 0$ ч. восход Солнца 8 ч. 31 м., заход 15 ч. 40 м.

	$\varphi = 50^\circ$	$\varphi = 52^\circ$:
Из таблицы (15) находим для		
поправка для 1 января	— 33 м.	— 23 м.
„ „ 11 „	— 30 м.	— 21 м.
Изменение за 10 дней	+ 3 м.	+ 2 м.

Интерполируем для 5 января:

для $\varphi = 50^\circ$ $\quad \dfrac{+3 \times 4}{10} = +1.2$ м.

„ $\varphi = 52^\circ$ $\quad \dfrac{+2 \times 4}{10} = +0.8$ м.

Находим поправку для 5 января:

для $\varphi = 50^\circ$ $\quad -33$ м. $+ 1.2$ м. $= -31.8$ м.

„ $\varphi = 52^\circ$ $\quad -23$ м. $+ 0.8$ м. $= -22.2$ м.

Изменение на 2° широты $= + 9.6$ м.

Изменение на 1° 40′: $\dfrac{+9.6 \times 100}{120} = +8.0$ м.

Поправка для $\varphi = 51^\circ 40'$: —31.8 м.+8 м. = — 24 м. (с окр. до 1 м.).

Выводим окончательный результат:

	восход	заход
для $\varphi = 56^\circ$	8 ч. 31 м.	15 ч. 40 м.
поправка для Воронежа	— 24 м.	+ 24 м. *)
по местн. Воронежск. времени . .	8 ч. 7 м.	16 ч. 4 м.
поправка на поясное время . . .	— 37 м.	— 37 м.
по поясному времени	7 ч 30 м.	15 ч. 27 м.

Пример 3. Вычислить восход и заход Луны в Саратове ($\varphi = 51^\circ 32'$, $\lambda = 3$ ч. 4 м.) 7 августа 1928.

Из эфемерид Луны имеем для $\varphi = 56^\circ$ и $\lambda = 0$ ч.: заход 11 ч. 34 м., восход 22 ч. 6 м. Сначала исправим эти моменты на долготу Саратова аналогично тому, как делали выше (пример 1) при определении кульминации; получим для $\varphi = 56$ и $\lambda = +3$ ч.:

заход $\quad$ 11 ч. 34 м. $- \dfrac{88}{24} \cdot 3$ м. $= 11$ ч. 23 м.

восход $\quad$ 22 ч. 6 м. $- \dfrac{12}{24} \cdot 3$ м. $= 22$ ч. 4 м.

Поправки на широту определим по таблице 16 отд. VI, для чего найдем интервалы t (разность между восходом и кульминацией и

*) Для захода следует изменить знак поправки на обратный.

между кульминацией и заходом); в нашем примере для захода следует брать кульминацию 7 августа, а для восхода — кульминацию 8 августа. Моменты кульминации в Саратове будут:

$$\text{кульм. 7 авг.} — 4 \text{ ч. } 33 \text{ м.} — \frac{48}{24} \cdot 3 \text{ м.} = 4 \text{ ч. } 27 \text{ м.}$$

$$\text{кульм. 8 авг.} — 5 \text{ ч. } 23 \text{ м.} — \frac{50}{24} \cdot 3 \text{ м.} = 5 \text{ ч. } 17 \text{ м.}$$

Интервал t для захода 11 ч. 23 м. — 4 ч. 27 м. = 6 ч. 56 м.
восхода 5 ч. 17 м. (+ 24 ч.)—22 ч. 4 м.=7 ч. 13 м.

		$\varphi = 50^\circ$	$\varphi = 52^\circ$
По табл. 6, отд. VI, находим для	$t = 6$ ч. 50 м.	+ 7	+ 5
	$t = 7$ ч. 0 м.	+ 9	+ 6
	$t = 7$ ч. 10 м.	+ 11	+ 8
	$t = 7$ ч. 20 м.	+ 13	+ 9
Интерполируем для	$t = 6$ ч. 56 м.	+ 8.2	+ 5.6
	$t = 7$ ч. 13 м.	+ 11.6	+ 8.3

Вторичная интерполяция для $\varphi = 51^\circ 32'$ даст, с округлением до 1 м.:

поправка для захода (с обр. знаком) = — 6 м.
" " восхода = + 9 м.

Находим окончательно по местному времени:

заход для $\varphi = 51^\circ 32'$ и $\lambda = +3$ ч. = 11 ч. 23 м. — 6 м. = 11 ч. 17 м.
восход " " " = 22 ч. 4 м. + 9 м. = 22 ч. 13 м.

по поясному времени в Саратове:

заход 11 ч. 17 м. — 4 м. = 11 ч. 13 м.
восход 22 ч. 13 м. — 4 м. = 22 ч. 9 м.

Пример 4. Найти восход и заход Сатурна 24 мая 1928 в Новгороде ($\varphi = 58^\circ 31'$).

Из эфемерид Сатурна на 1928 имеем:
16 мая $\delta = -21^\circ 10'$, восход 21 ч. 47 м., заход 5 ч. 17 м.
1 июня $\delta = -21^\circ 4'$, восход 20 ч. 38 м., заход 4 ч. 10 м.

Интерполируем для 24 мая: $\delta = -21^\circ 10' + \frac{6}{16} \cdot 8 = -21^\circ 7'$;

$$\text{восход} \quad 21 \text{ ч. } 47 \text{ м.} — \frac{69}{16} \cdot 8 \text{ м.} = 21 \text{ ч. } 12 \text{ м.};$$

$$\text{заход} \quad 5 \text{ ч. } 17 \text{ м.} — \frac{67}{16} \cdot 8 \text{ м.} = 4 \text{ ч. } 43 \text{ м.}$$

Из таблиц 18 отд. VII интерполированием находим:

для $\delta = -21^\circ 7'$ и $\varphi = 58^\circ$, поправка = + 12 м.
для $\delta = -21^\circ 7'$ и $\varphi = 60^\circ$, поправка = + 27 м.

Вторично интерполируя для широты Новгорода, получим:
для $\delta = -21^\circ 7'$ и $\varphi = 58^\circ 31'$, поправка $= +16$ м.

Находим окончательно по местному времени:

восход 21 ч. 12 м. + 16 м. = 21 ч. 28 м.
заход 4 ч. 43 м. — 16 м. = 4 ч. 27 м.

По поясному времени в Новгороде:

восход 21 ч. 28 м. — 5 м. = 21 ч. 23 м.
заход 4 ч. 27 м. — 5 м. = 4 ч. 22 м.

Пример 5. Найти время восхода и захода α Геркулеса ($\alpha = 17$ ч 11 м., $\delta = +14^\circ 28'$) 3 сентября 1928 в Иркутске ($\varphi = 52^\circ 16'$ $\lambda = 6$ ч. 57 м.).

Зв. вр. в ср. Грин. полдень 3 сент. 1928 г. = 10 ч. 49.5 м.

По табл. 9 отд. VI находим: зв. вр. в ср. Ирк. полдень = 10 ч. 49.5 м. — 1.1 м. = 10 ч. 48.4 м.

Кульминация α Геркулеса в Иркутске будет через 17 ч. 11 м.— —10 ч. 48 м. = 6 ч. 23 м. зв. вр. = 6 ч. 23 м. — 1 м. = 6 ч. 22 м. ср. вр. после полудня, т.-е. в 18 ч. 22 м.

По табл. 17 отд. VI находим интерполяцией часовой угол α Геркулеса на горизонте для φ 56° = 7 ч. 35 м.

и восход 18 ч. 22 м.—7 ч. 35 м. = 10 ч. 47 м.

Так как 18 ч. 22 м. + 7 ч. 35 м. > 24 час., то для получения времени захода 3 сентября находим: зв. вр. в ср. Грин. полдень 2 сент. 10 ч. 45.5 м., в ср. Ирк. полдень 10 ч. 44.4 м.; кульминация 2 сент. 18 ч. 27 м. и тогда заход 18 ч. 27 м. + 7 ч. 35 м. = 26 ч. 2 м. = 2 ч. 2 м.

Поправку на широту Иркутска найдем из табл. 18 отд. VI (см. пример 4):

для $\delta = +14^\circ 28'$ и $\varphi = 52^\circ 16'$, поправка $= +13$ м.

Находим окончательно по местному времени:

восход 10 ч. 47 м. + 13 м. = 11 ч. 0 м.
заход 2 ч. 2 м. — 13 м. = 1 ч. 49 м.

По поясному времени в Иркутске:

восход 11 ч. 0 м. + 3 м. = 11 ч. 3 м.
заход 1 ч. 49 м. + 3 м. = 1 ч. 52 м.

СУМЕРКИ.

Сумерками называется освещение неба, наблюдаемое после захода Солнца или перед его восходом, и происходящее вследствие отражения солнечных лучей в верхних слоях земной атмосферы.

Сумерки начинаются с заходом Солнца; когда Солнце опустится на $6^1/_2{}^\circ$ под горизонт, наступает момент конца *гражданских* сумерек: на вечернем небе появляются наи-

более яркие звезды и планеты, в домах приходится зажигать огонь. Когда Солнце опускается до 18^0 под горизонт, наступает полная ночь, за исключением лишь слабой полоски зари на западе, и этот момент принято считать концом *астрономических* сумерек.

Продолжительность сумерек τ находится в зависимости от широты места φ и склонения Солнца δ и определяется из формулы:

$$\cos(t + \tau) = \frac{\sin h - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta} \qquad (23)$$

где t — часовой угол восхода или захода Солнца, вычисляемый по формуле (22), и $(t + \tau)$ — часовой угол конца вечерних или начала утренних сумерек; $h = -6^1/_2{}^0$ для гражданских и -18^0 для астрономических сумерек. Если северное склонение Солнца $\delta > 90^\circ - (\varphi + h)$, то сумерки длятся всю ночь.

Севернее широты 60° гражданские сумерки могут длиться всю ночь; для широт южнее $48^1/_2{}^0$ никакие сумерки длиться всю ночь не могут.

Пример 1. Найти начало утренних и конец вечерних гражданских сумерек 1 сентября 1928 в Ярославле ($\varphi = 57^0 38'$); $\delta\odot = +8^0\ 17'$.

Формулы (22) и (23) дают: $t_0 = 104^0\ 54'$, $t_0 + \tau = 116^0 19'$; след. $\tau = 11^0\ 25' = 0$ ч. 46 м. Вычисления восхода и захода Солнца дают: восход Солнца: 4 ч. 21 м., заход: 18 ч. 20 м. След. начало утренних гражд. сумерек будет в 3 ч. 35 м., конец вечерних 19 ч. 6 м.

Для приближенного определения продолжительности сумерек служат таблицы 19 и 20 отд. VI, где дана длительность гражданских и астрономических сумерек через каждые 10 дней для широт $40^0 - 64^0$ через 4^0. Продолжительность сумерек для промежуточных дней и широт можно найти простым интерполированием.

С сумерками связан вопрос об *условиях видимости планет* для данного дня и места. Эти условия легко определить, зная время восхода и захода планеты и длительность сумерек.

Пример 2. Определить условия видимости Венеры и Марса 1 сентября 1928 в Ярославле.

Вычисляем восход и заход планет; восход Венеры—6 ч. 2 м., заход—18 ч. 49 м.; восход Марса – 20 ч. 50 м., заход—14 ч. 14 м. Сравнивая эти цифры с приведенными в примере (1), видим, что Венера заходит на 17 мин. раньше конца вечерних гражданских сумерек, и следовательно не видна, а Марс виден от 20 ч. 50 м. (восходит) до 3 ч. 35 м. (рассвет) по поясному Ярославскому времени.

ФИЗИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ.

Солнце и все большие планеты обладают вращением вокруг своей оси; это вращательное движение дает возможность построить на поверхности Солнца и планет систему координат, подобную системе географических координат на Земле.

В силу относительного движения тел солнечной системы, ось Солнца и планет проектируется на небесную сферу различно в разное время, а в силу вращения небесных тел к Земле в разное время бывают обращены различные меридианы. Если известен период вращения светила и направление оси вращения в пространстве, то можно вычислить данные, позволяющие построить для любого момента вид координатной сети на диске светила и наносить на эту сеть наблюдаемые детали поверхности. Эти данные носят название *физических координат*.

Солнце, благодаря своей совершенной сферичности, обладает наиболее простыми физическими координатами. Для Солнца даются три величины: L — долгота центрального меридиана, т.-е. меридиана, проходящего в данный момент через центр видимого диска; P — угол между проекцией солнечной оси на небесную сферу и кругом склонений, проходящим через центр видимого диска (для северного полюса Солнца считается положительным к востоку), D — гелиографическая широта центра видимого диска, т.-е. угол между радиусом-вектором Земли и плоскостью солнечного экватора, считаемый в плоскости центрального меридиана.

В переменной части Календаря величины P, D и L даются для средн. Гриничск. полудня через каждые пять суток; промежуточные значения находятся линейным интерполированием.

Определим, напр., физические координаты Солнца в 13 часов средн. Гриничск. врем. 15 декабря 1929. В Календаре находим данные для полудня 12 и 17 декабря:

12 дек. $P = +11^\circ.5$ $D = -0^\circ.7$ $L = 38^\circ.4$
17 дек. $P = +9^\circ.3$ $D = -1^\circ.3$ $L = 332^\circ.5$

Между полуднем 12 дек. и 13 час. 15 декабря протекло 73 часа; во всем интервале между 12 и 17 дек., 120 часов. Интерполируя получаем:

$$P = +11^\circ.5 - (2.2 \times 73) : 120 = +10^\circ.2$$
$$D = -0^\circ.7 - (0{\cdot}6 \times 73) : 120 = -1^\circ.1$$
$$L = 38^\circ.4 - (65.9 \times 73) : 120 = 358^\circ.3$$

Для Юпитера P и D имеют то же значение, как и для Солнца, но D настолько мало, что им всегда можно пренебречь; с другой стороны, полосы на Юпитере указывают направление экватора, так что рисунок можно ориентировать даже не зная величины P. Что касается долготы центрального меридиана L, то необходимо помнить, что для Юпитера имеются две системы, происходящие от неравенства периодов вращения различных зон планеты. Первая система рассчитана на экваториальную зону (период 9 ч. 50 м. 30 с.), а вторая на зону средних широт (период 9 ч. 55 м. 41 с.). В переменной части Календаря дается долгота центрального меридиана Юпитера по второй системе и величина P; кроме того даны вспомогательные данные и таблицы: разность долгот первой и второй системы для момента противостояния и таблицы для упрощенного вычисления L обеих систем с примером вычисления.

При зарисовке поверхности и при построении координатной сети Юпитера следует учитывать значительное сжатие планеты, равное $^1/_{15}$.

Аналогичные системы координат имеются для Марса и Сатурна; в переменной части Календаря физические координаты этих планет не даются, т. к. они явились бы малополезными вследствие трудности наблюдения деталей на поверхности планет с обычными любительскими средствами.

В инструкциях для наблюдений Солнца и планет даны координатные сетки для ориентировки деталей, наблюдаемых на поверхности светил, с указаниями о пользовании сетками.

ВИДИМЫЕ МЕСТА ЗВЕЗД.

Определения эклиптических и экваториальных координат звезд, произведенные в разное время, показывают, что координаты звезд с течением времени изменяются. Причины этому следующие: 1) взаимное положение основных плоскостей—эклиптики и экватора—непрерывно изменяется вследствие *прецессии* и *нутации*; 2) скорость распространения света и движения Земли сравнимы между собою, что является причиной *аберрации* света; 3) звезды обнаруживают параллактическое смещение в зависимости от положения Земли на орбите и 4) звезды обладают собственным движением.

Прецессия и нутация. Вследствие прецессии (см. гл. II, Время) положение небесного экватора и место точки весеннего равноденствия не остаются постоянными относительно звезд; это влечет непрерывное изменение координат звезд. В эклиптической системе прецессия не изменяет астрономической широты и влияет лишь на долготу звезд; последняя непрерывно возрастает, т. к. точка весеннего равноденствия движется вдоль эклиптики с востока на запад,—против направления отсчета астрономической долготы. В экваториальной системе изменяются обе координаты; среднее годовое изменение экваториальных координат под влиянием прецессии дано в табл. 23 отд. VI, вместе с примером на приведение координат к данной эпохе.

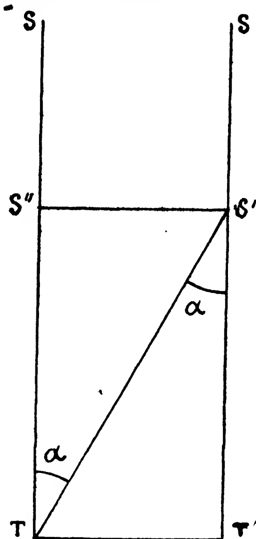
В описании явления прецессии мы принимали, что полюс мира движется около полюса эклиптики по окружности. Однако это справедливо лишь в общих чертах: на самом деле полюс мира, двигаясь по окружности, имеет еще колебательное движение, вследствие чего он то приближается к полюсу эклиптики, то удаляется от него, описывая около среднего положения эллипс с осями в 18″ и 14″. Это явление носит название *нутации* и имеет периодический характер с периодом 18.6 лет *). Совмест-

---

*) Период этот равен периоду обращения узлов лунной орбиты и самое явление об‘ясняется действием притяжения Луны на земной сфероид.

ное действие прецессии и нутации заставляет полюс мира описывать около полюса эклиптики не окружность, а некоторую замкнутую извилистую кривую.

Аберрация. Направление, которое мы придаем трубе, чтобы наблюдать какую-либо звезду, отличается от того направления, в котором мы наблюдали бы звезду, если бы Земля была неподвижна. Это видимое смещение звезды, вызываемое сочетанием движения света, посылаемого звездой, с движением самой Земли, носит название *аберрации*.



Черт. 25.

Чтобы представить себе явление аберрации, предположим, что Земля в некоторый момент находится в точке T (черт. 25) и движется в направлении TT'. Пусть S' есть точка, до которой в тот же момент дошел луч света от звезды S, находящейся в полюсе эклиптики. В то время, в которое луч света пройдет расстояние $S'T'$, Земля передвинется на расстояние TT'. Если мы теперь примем точку T неподвижной, а ее движение с обратным знаком отнесем к точке S', т.-е. будем считать, что точка S' обладает двумя движениями: одним в направлении $S'T'$ и другим в направлении $S'S''$, то от этого суть дела не изменится. Из механики известно, что в таком случае путь, пройденный точкою S', может быть представлен диагональю $S'T$ прямоугольника, построенного на сторонах $S'T'$ и $T'T$. Тогда находим: $\frac{T'T}{S'T'} = \frac{v}{c} = \operatorname{tg} a$, где a есть отклонение звезды, т.-е. аберрация; v — скорость движения Земли по орбите и c — скорость света. Приняв $v = 29.8$ *км/сек.* и $c = 300000$ *км/сек.* и заменив $\operatorname{tg} a$ через a (по малости a), найдем $a = \frac{v}{c \sin 1''} = 20''.5$. Отсюда видно, что вслед-

ствие аберрации звезда, находящаяся в полюсе эклиптики, описывает в течение года около своего истинного положения круг с радиусом 20″.5. Все другие звезды описывают эллипсы с полуосями 20″.5 и 20″.5 sinβ, где β есть широта звезды.

Параллакс и *собственные движения звезд* на изменение положений большинства звезд влияют весьма незначительно.

Приведение средних мест звезд к видимым. Координаты звезд, которые непосредственно наблюдаются на небе, называются *видимыми координатами;* если исключить из них влияние суточной и годичной аберраций, то получаются *истинные координаты*; уничтожив влияние нутации, получим *средние* координаты, которые меняются в зависимости от прецессии и собственного движения звезд. Из наблюдений определяют видимые координаты звезды, и затем вычисляют средние, учитывая влияние всех факторов, изменяющих положение звезды на небе. В результате такой работы получаются каталоги средних положений звезд для какой-нибудь эпохи, пользуясь которыми мы можем вычислить видимые координаты для любого момента, т.-е. *привести средние места звезд к видимым.*

Пусть α и δ средние координаты звезды, а α_1 и δ_1 — видимые. Для вычисления поправок $\alpha_1 - \alpha$ и $\delta - \delta_1$ на нутацию и аберрацию, а также на прецессию за время от начала года до данного момента служат формулы:

$$\alpha_1 - \alpha = g \sin(\alpha + G) \operatorname{tg}\delta + h \sin(\alpha + H) \operatorname{sc}\delta + f$$
$$\delta_1 - \delta = g \cos(\alpha + G) + h \cos(\alpha + H) \sin\delta + i \cos\delta$$

где величины g, G, f, h, H, i достаточно точно могут быть вычислены из выражений:

$$g \cos G = 20''.05 \left(\tau - \frac{1''.3 \sin 2S + 17''.3 \sin \Omega}{50''.37}\right)$$

$$g \sin G = -(0''.6 \cos 2S + 9''.2 \cos \Omega)$$

$$f = 46''.06 \left(\tau - \frac{1''.3 \sin 2S + 17''.3 \sin \Omega}{50''.37}\right)$$

$$h \sin H = -20''.45 \cos S \cos \varepsilon;\ h \cos H = -20''.45 \sin S$$

$$i = -20''.45 \cos S \sin \varepsilon$$

Здесь τ есть дробь года, т.-е. отношение числа дней, протекших от начала года до данного момента, к числу дней в году; s — геоцентрическая долгота Солнца, Ω — долгота восходящего узла лунной орбиты, ε — наклонность эклиптики.

Пример. Вычислить видимые координаты α_1 и δ_1 для β Персея 6 ноября 1927, если даны $\alpha = 3$ ч. 3 м 24.68 с., $\delta = +40^\circ 40' 32''.32$ для 1.35 января 1927.

Здесь $\tau = 0.847$. При средних величинах $S = 222^\circ.6$, $\Omega = 80^\circ.6$, $\varepsilon = 23^\circ 27'$ вычисляем величины g, G, f, h, H, i по данным формулам: $\lg g = 0.9906$, $G = 350^\circ 52$, $f = 22''.2$; $\lg h = 1.2912$, $H = 44^\circ 56'$ $\lg i = 0.7774$ и находим: $\alpha_1 - \alpha = +53''.01 = +3.53$ с., $\delta_1 - \delta = +12''.22$, откуда: $\alpha_1 = 3$ ч. 3 м. 28.21 с, $\delta_1 = +40^\circ 40'' 44''.54$.

Добавление 1.

Предвычисление покрытий звезд Луною.

ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПРЕДВЫЧИСЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ. Условия видимости покрытия звезды Луною и время его наступления и окончания зависят от географической широты (φ) и долготы (λ) места наблюдения, а потому должны быть вычислены для каждого места наблюдения особо. Сделать это можно с большой степенью точности по формулам Бесселя, но в любительской практике, где сплошь и рядом часы дают время с точностью до 1—2 минут, пользоваться способом Бесселя нецелесообразно, в виду его кропотливости. Любителю можно рекомендовать один из двух способов, изложенных ниже. Рассмотрим из них сначала первый — чисто графический, который был предложен покойным проф. Казанского Университета М. А. Ковальским; этот способ достаточно прост и дает точность до 1 м., вполне достаточную для любителя.

Для предвычисления покрытий, кроме δ покрываемой звезды, необходимо знать еще следующие 5 величин, наз. *элементами покрытия* (эти величины даются в Календаре на каждый год).

1) T_0 — Гриничское время соединения Луны с звездой по прямому восхождению,

2) h_0 — часовой угол звезды в момент T_0,

3) p' — часовое перемещение Луны между звездами по параллели к небесному экватору (справа налево),

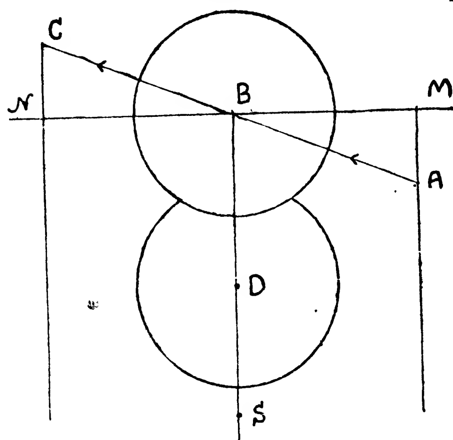
4) q' — такое же перемещение Луны по кругу склонения,

5) q_0 — разность склонений Луны и звезды.

Величины p', q' и q_0 выражаются в долях экваториального радиуса Земли, принятого за 1; в этом случае радиус

Луны $= k = 0.273$. Если $q_0 > 0$, то звезда находится *ниже* центра Луны, если $q_0 < 0$, то *выше*. Покрытия с *отрицательным* q_0 возможны в сев. полушарии н едалее 43^0 широты (в СССР только в Туркестане и на Кавказе и то очень редко).

Возьмем пример: $p' = 0.5$, $q_0 = +0.8$ и $q' = +0.2$. По этим данным можно сделать чертеж (черт. 26; масштаб $1 = 10$ клеткам обыкновенной клетчатой бумаги). B— центр Луны в момент соединения на параллели MN, $BM = BN = p' = 0.5$. Из M и N восстановлены перпендикуляры к MN и отложены: $MA = NC = q' = 0.2$; $BS = q_0 = 0.8$. Радиусы кругов 0.27, За час до соединения (T_0) центр Луны был в A, через час после этого момента он будет в C. Следовательно, прямая ABC изображает двухчасовой видимый путь Луны. Точка S указывает положение не подвижной звезды. Таково будет взаимное расположение Луны и звезды для наблюдателя, расположенного в центре земли. Поэтому путь ABC называется *геоцентрическим*. Легко усмотреть из черт. 26, что покрытия в этом месте не будет, но оно может произойти для наблюдателя, находящегося на поверхности Земли где-нибудь в северном полушарии.



Черт. 26.

Вообразим сперва наблюдателя на том же меридиане, в плоскости которого происходит соединение звезды с Луной. Наблюдатель O из центра Земли (черт. 27) увидит Луну по направлению OL, звезду — по OS. Наблюдатель T, расположенный на поверхности Земли, видит те же светила по направлениям TL и TS', при чем можно считать $OS \parallel TS'$

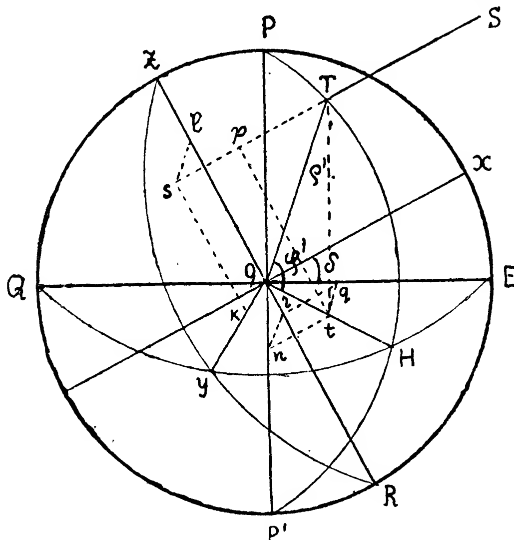
но OL и TL не параллельны и пересекаются приблизительно на расстоянии 60 земных радиусов. Легко видеть, что $\angle LTS' < \angle LOS$ (ибо $\angle < LOS$ равен углу, отчеркнутому дважды, а этот последний является внешним по отношению к $\angle LTS'$). В таком случае наблюдателю T Луна будет казаться ближе к звезде (напр. в D, черт. 26), чем из центра O, т.-е. на более южной параллели (относительно MN). Это будет так наз. *параллактическое смещение.*

Черт. 27.

Пусть $OK \perp OZ$; отложим $OF = KL = q_0 = 0.8$ и проведем $Fu \perp OZ$ ($Fu \parallel OS$), тогда продолжение Fu пройдет через центр Луны L, и покрытие звезды для наблюдателя u будет центральным (точка L соответствует точке B, а K — точке A на черт. 26). OF — параллактическое смещение Луны к *югу* для земного наблюдателя в сев. полушарии. *Линейное смещение* для наблюдателя T будет $OF - GF = OG$. Из $\triangle OTG$ находим $OG = \rho' \sin(\varphi' - \delta)$, где $\rho' = OT$ — геоцентрический радиус, $\varphi' = \angle EOT$ — геоцентрическая широта места наблюдения.

Теперь найдем параллактическое смещение Луны в общем случае. Пусть $PERP'$ (черт 28) меридиан, в плоскости которого происходит соединение Луны с звездой по прямому восхождению. T место наблюдения в северном полушарии к западу от меридиана PE, $PTHP'$ его меридиан. $Ox \parallel TS$ — направление к звезде, $\angle EOx = \delta$, $\angle TOH = \varphi'$, $\angle EOH = h$ = часовой угол звезды, считаемый от H к западу. Плоскость $ZyR \perp Ox$ сеть фундаментальная плоскость Бес-

с е л я*); положение этой плоскости в пространстве во время наблюдения не изменяется. Oy — линия пересечения фундаментальной плоскости с экватором EHQ, поэтому $Ox \perp Oy$.



Черт. 28.

Продолжение TS пересекает фундаментальную плоскость в точке s; sl и sk перпендикуляры на оси Oz и Oy.

Из предыдущего следует, что $Ol = ks$ есть *параллакс по склонению* (OG на черт. 27), который в данном случае нужно отложить на черт. 1 *от точки B к югу*. $Ok = ls$ — *параллакс по прямому восхождению*; на графике его придется отложить *к востоку* (смещение всегда происходит в противоположную сторону). Проведем еще $Tt \perp OH$, $tq \perp OE$, $tn \parallel ps$ и $qr \parallel tn$. Из чертежа замечаем, что $\angle Ttp = \angle POZ = \delta$; $Ol = rl - Or$. Теперь определяем rl и Or; $rl = ns = tp = tT \cos \delta$,

но

$$tT = \rho' \sin \varphi',$$

*) Это есть плоскость, проходящая через центр Земли, перпендикулярно линии, соединяющей центр Луны и звезду.

следовательно

$$rl = \rho' \sin \varphi' \cos \delta;$$

далее,

$$Or = Oq \sin \delta, \quad Oq = Ot \cos h, \quad Ot = \rho' \cos \varphi',$$

откуда

$$Or = \rho' \cos \varphi' \sin \delta \cos h$$

и, стало быть,

$$Ol = \rho' \sin \varphi' \cos \delta - \rho' \cos \varphi' \sin \delta \cos h \qquad (1)$$

но

$$Ok = rn = qt = Ot \sin h,$$

следовательно

$$Ok = \rho' \cos\varphi' \sin h \qquad (2)$$

Выражения для Ol и Ok могут быть представлены графически (черт. 29). Для этого из точки A, взятой произ-

Черт. 29.

вольно на прямой PQ проводим отрезок $AD = \rho' \cos \delta$ под углом $DAC = \varphi'$ и из конца D проводим $CR \perp PQ$; затем из той же точки A проводим Am под углом $mAC = \delta$. Из точки C, как из центра, описываем малый круг радиусом Cm и концентрический большой — радиусом Am. На черт. 29 $\delta > 0$ и откладывается в ту же сторону, что и φ' (т.-е. выше PQ). Теперь строим от радиуса Cm *по направлению часовой стрелки* часовой *угол* $h = RCN$ (если $h > 0$). Наконец, из точек пересечения обеих окружностей с только что проведенной линией CN опускаем перпендикуляры

Nu и nv на радиус CR, тогда искомые параллактические смещения Ol и Ok (черт. 28) будут:

$$Ol = \rho' \sin \varphi' \cos \delta - \rho' \cos \varphi' \sin \delta \cos h = CD - Cv,$$

$$Ok = \rho' \cos \varphi' \sin h = Nu.$$

Действительно: $CO = \rho' \cos \delta \ \sin \varphi' = rl$ (черт. 28), по построению $CN = Am$ и $Cn = Cm$, далее: $Cv = Cn \cos h =$
$= Cm \cos h$, $Cm = AC \operatorname{tg} \delta$, $AC = \rho' \cos \delta \cos \varphi'$,

откуда $\quad Cm = \rho' \cos \delta \cos \varphi' \operatorname{tg} \delta = \rho' \cos \varphi' \sin \delta$

и $\quad Cv = \rho' \cos \varphi' \sin \delta \cos h = Or.$

Затем

$$Nu = CN \sin h = Am \sin h, \ Am = AC : \cos \delta = \rho' \cos \varphi',$$

следовательно

$$Nu = \rho' \cos \varphi' \sin h = Ok.$$

Теперь рассмотрим случай, когда $\delta < 0$ (см. черт. 30). В этом случае знак $Cm = \rho' \cos \varphi' \sin \delta$ изменится на обрат-

Черт. 30.

ный; соответственно этому надо и на чертеже изменить направление отрезка Cm. Этого можно достигнуть тем, что $\delta < 0$ мы будем *откладывать вниз от* AC. Для того, чтобы направление отрезка Cv находилось в соответствии с знаком формулы $Cv = Cm \cos h$, мы будем *часовой угол* h *откладывать* не от CD (по стрелке часов, если $h > 0$), а от продолжения DC вниз, т.-е. *от* CE (и при том против часовой стрелки).

На черт. 29 и 30 стрелкой обозначено положительное направление h ($h > 0$ или $h < 180^0$). Отрицательное h ($h < 0$ или $h > 180^0$) откладывают от тех же отрезков, но в противоположном направлении. Удобнее на чертеже отсчитывать h в *градусах* (а не во времени), тогда для h нужно будет иметь в виду только одно (положительное) направление; при этом условии между выведенными формулами и чертежом получается полное соответствие. Действительно: если $h > 90^0$, то второй член формулы (1) изменит свой знак, но в таком случае изменит на чертеже свое направление и отрезок Cv: если раньше его приходилось вычитать из CD (черт. 29), то теперь нужно будет прикладывать (черт. 30).

Возьмем теперь вторую формулу: $Ok = \rho' \cos \varphi' \sin h$. Из нее видим, что Ok меняет знак при переходе h через 180^0. На черт. 29 и 30 Ok изображается отрезком Nu, который при переходе h через 180^0 меняет свое направление: при $h < 180^0$, т.-е. когда *звезда в западной части неба* или, иначе, меридиан места наблюдения лежит к *востоку* от того меридиана, в плоскости которого происходит соединение Луны с звездой, Nu направлен вправо (к западу) относительно линии CD; при $h > 180^0$ Nu имеет относительно линии CD противоположное направление (влево, к востоку).

Параллакс *по прямому восхождению* $Nu = \rho' \cos \varphi' \sin h$. Направление его считают *от вертикального диаметра* DC или DCE (черт. 29 и 30) вправо (к западу) положительным ($h > 0$ или $h < 180^0$) и влево (к востоку) отрицательным ($h <$ или $> h$ 180^0).

В параллаксе *по склонению*

$$Ol = \rho' \sin \varphi' \cos \delta - \rho \cos \varphi' \sin \delta \cos h = Dv,$$

состоящем из двух членов (на черт. 29 и 30 из двух отрезков

DC и Cv) изменяется знак только второго члена (отрезка Cv) в зависимости от знака δ. Легко заметить, что при $\delta > 0$ $Dv = DC - Cv$ (черт. 29), при $\delta < 0$ $Dv = DC + Cv$ (черт. 30). На графике параллакс Nu откладывается в том направлении, какое он имеет на чертеже, *считая от точки u*. При $\delta > 0$ отрезки DC и Cv вычитаются; при $\delta < 0$ отрезки DC и Cv — складываются.

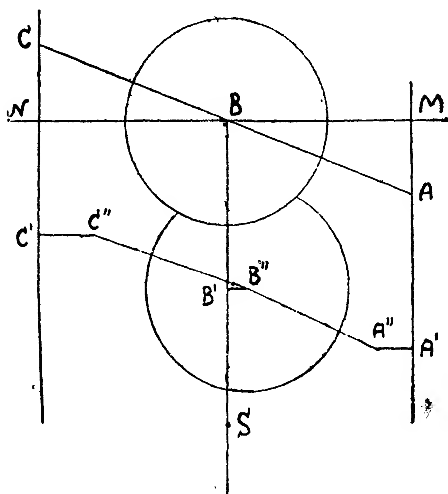
Умея находить параллаксы Луны Nu и Dv для отправного момента T_0, мы можем тем же способом строить их и для любого момента. На практике всего удобнее выбирать моменты, отличающиеся от h_0 на: — 2 ч., — 1 ч., + 1 ч., + 2 ч. Соответственно этому положение радиуса CN (черт. 29 и 30) будет изменяться на 15^0 и 30^0 в ту или другую сторону (от среднего положения, соответствующего h_0). Оправданием такого распространительного построения служит неизменяемость положения фундаментальной плоскости.

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА. Графики удобнее всего вычерчивать на плотной писчей бумаге, графленой в клетку. Линейной масштабной единицей для график лучше всего брать 10 *см*; тогда радиус Луны, равный 0.273 земного, займет на чертеже 27.3 *мм*. Во избежание путаницы необходимо отмечать год и число покрытия, название звезды и место наблюдения.

При вычислении $\rho' \cos \delta$ в пределах СССР можно считать $\rho' = 0.998$. Вместо геоцентрической широты φ' можно откладывать географическую φ, т. к. разница между ними не превосходит $12'$ (в пределах СССР).

Если ABC (черт. 31) видимый геоцентрический путь Луны (в течение 2 часов), то для наблюдателя на поверхности Земли видимый путь Луны строится след. образом. От точек A, B, C отложим параллаксы по склонению, соответствующие моментам $T_0 - 1$ ч., T_0 и $T_0 + 1$ ч.: AA', BB' и CC'. Эти параллаксы *всегда откладывают вниз*, т. к. в пределах СССР $Dv > 0$. Затем от полученных точек A', B', C' (вправо или влево) откладывают соответственные параллаксы по прямому восхождению (Nu): $A'A''$, $B'B''$ и $C'C''$. Полученные точки A'', B'', C'' последовательно соединяют прямыми; обе прямые будут

приблизительно продолжением одна другой, а совокупность их представит путь центра Луны для наблюдателя с поверхности Земли.



Черт. 31.

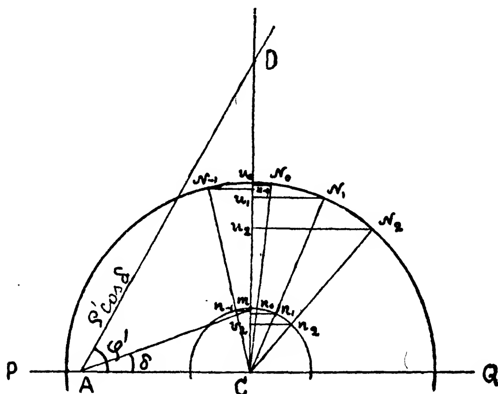
Обыкновенно приходится строить еще четвертую точку пути для момента $T_0 + 2$ ч. или $T_0 - 2$ ч., смотря по тому, находится ли звезда в момент соединения к западу или к востоку от местного меридиана.

Выполним графики покрытия δ Овна 24 февраля 1912 для Ленинграда. Имеем след. данные: $\delta = +19^0\,23'\,46''$; $T_0 = 3$ ч. 11 м. 35 с.; $h_0 = -1$ ч. 42 м. $= 334^0\,30'$; $q_0 = +0.5832$; $p' = 0.5468$; $q_0 = +0.2033$; $\varphi' = 59^0\,46'\,15''$, $\lambda = 2$ ч. 1 м. 13 с. $= 30^0\,18'$.

Т. о. для Ленинграда: $T_0 = 3$ ч. 11 м. 35 с. $+ 2$ ч. 1 м. 13 с. $= 5$ ч. 12 м. 48 с. $= 5$ ч. 12.8 м., $h_0 = -1$ ч. 42 м. $+ 2$ ч. 1 м. 13 с. $= 0$ ч. 19.2 м. $= 4^0\,8'$.

Возьмем масштабную единицу 50 *мм* и строим параллаксы (черт. 32). Отложим $\angle QAD = \varphi' = 59^0.8$ и $AD = \rho' \cos\delta = 0.941 = 47$ *мм*; проведем $DC \perp PQ$ и строим $\angle CAm = \delta = 19^0.4$. Из точки C, как из центра, описываем

концентрические окружности: большую радиусом Am, малую — радиусом Cm. При линии CD строим $\angle OCN_0 = h_0 = 4^0.8$ (по направлению часовой стрелки, т. к. $h > 0$ и



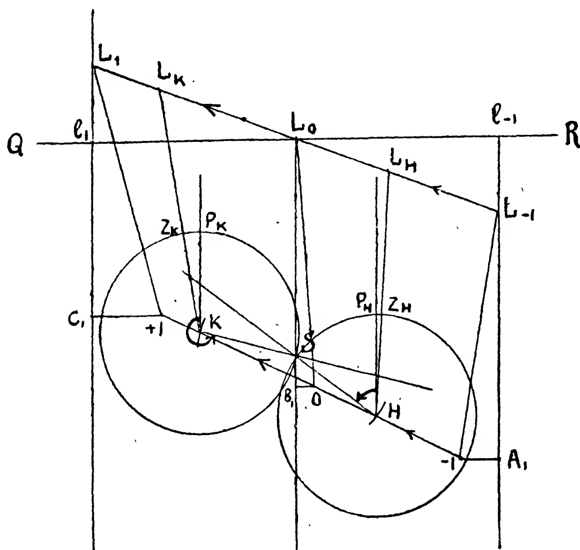
Черт. 32.

$\delta > 0$); затем при радиусе CN_0 строим (соблюдая направление) часовые углы $h_0 - 1$ ч., $h_0 + 1$ ч. и $h_0 + 2$ ч. (т. к. звезда находится в момент T_0 к западу от меридиана). Таким образом $\angle N_{-1}CN_0 = \angle N_0CN_1 = \angle N_1CN_2 = 15^0 = 1$ ч.

Из точек N_{-1}, N_0, N_1 и N_2, опускаем перпендикуляры на CD и получаем *параллаксы по прямому восхождению:* $u_{-1} N_{-1}$, u_0N_0, u_1N_1 и u_2N_2, соответствующие моментам $T_0 - 1$ ч., T_0, $T_0 + 1$ ч. и $T_0 + 2$ ч. На след. графике (черт. 33) эти перпендикуляры должны быть отложены в том же направлении, какое они имеют на черт. 32, считая от точек u к точкам N.

Радиусы CN_{-1}, CN_0, CN_1 и CN_2 пересекают малый круг в точках n_{-1}, n_0, n_1 и n_2. Из этих точек опускаем на CD перпендикуляры $n_{-1}\ v_{-1}$, $n_0\ v_0$, $n_1\ v_1$ и $n_2\ v_2$ (точка V_1 и перпендикуляр $n_0\ v_0$ на черт. 32 не отмечены за недостатком места). *Параллаксы по склонению* соответственно будут: Dv_{-1}, Dv_0, Dv_1 и Dv_2. Как мы уже упоминали, на след. графике (черт. 33) *их всегда откладывают вниз.*

Теперь строим видимый путь Луны для Ленинграда черт. 30). От произвольной точки L_0 горизонтальной пря-



Черт. 33.

мой OR откладываем вправо и влево отрезки $L_0 l_{-1} = L_0 l_1 = p' = 0.547 = 27.3$ *мм.* Из точек l_{-1}, L_0 и l_1 проводим к взятой прямой перпендикуляры и откладываем на них $l_{-1} L_{-1} = l_1 L_1 = q' = +0.203 = 10.1$ *мм**). Точки L_{-1}, L_0, L_1 лежат на геоцентрическом пути Луны и соответствуют точкам A, B, C черт. 31. На перпендикуляре из L_0 откладываем $L_0 S = q_0 = +0.583 = 29.1$ *мм.* Точка S соответствует звезде δ Овна. Затем на тех же перпендикулярах от точек Z_{-1}, Z_0 и L_1 откладываем соответствующие параллаксы по склонению, беря их значения из черт. 32. Таким образом $L_{-1} A_1 = Dv_{-1}$; $L_0 B = Dv_0$ и $L_1 C_1 = Dv_1$. Через концы отложенных отрезков A_1, B_1 и C_1

*) Если q' отрицательно, то его надо откладывать вниз от l_1 и вверх от l_{-1}; $q' < 0$, когда склонение Луны убывает.

проводим параллели к линии QR и на них откладываем соответствующие параллаксы по прямому восхождению в ту же сторону, в какую они расположены относительно CD на черт 32. Концы отложенных параллаксов отмечаем цифрами:—1,0 и + 1; тогда $A_1 - 1 = N_{-1}\,u_{-1}$, $B_1 0 = N_0\,u_0$, $C_1 + 1 = N_1\,u_1$ по длине и по направлению. Линия, соединяющая последовательно точки — 1, 0 и + 1, слегка изломанная в точке 0, изобразит путь лунного центра для Ленинграда с 4 ч. 12.8 м. до 6 ч. 12.8 м. Теперь принимаем S за центр и радиусом = 0.273 = 13.6 *мм.* делаем засечки на линии, соединяющей точки —1,0 и + 1; получаем точки H (начало покрытия) и K (конец покрытия); приняв эти точки за центры, описываем тем же радиусом две окружности, пересекающиеся в точке S. Эти окружности соответствуют положениям Луны в моменты начала и конца покрытия.

Определим эти моменты. Расстояние между точками —1 и 0 Луна проходит в 1 ч. Измеряем по графике отрезки $OH = 9.4$ *мм*, расстояние между точками 0 и — 1 равно 21.8 *мм*, $KO = 16.9$ *мм*, расстояние между 0 и + 1 равно 22.5 *мм* Находим отношения:

$$\frac{0H}{0_1 - 1} = \frac{9.4}{21.8} = 0.43; \quad \frac{K0}{0_1 + 1} = \frac{16.9}{22.5} = 0.75;$$

эти отношения выражают время в часах; выразим его в минутах: 60 м. × 0.43 = 26 м., 60 м. × 0.75 = 45 м. След. *покрытие* (черт. 33) *начнется* за 26 м. до момента соединения T_0, т.-е в T_0 — 26 м. = 4 ч. 47 м. и окончится через 45 м. после того же момента, т.-е. в T_0 + 45 м. = 5 ч. 58 м. Если чертеж удачен и масштаб не менее 100 *мм.*, то для второй поправки получится более точное значение 44 м. и, след., *конец покрытия* произойдет в 5 ч. 57 м. ср. Ленингр. времени).

Теперь необходимо заранее узнать, у какого места лунного края звезда скроется (начало покрытия) и, в особенности, у какого она вновь покажется (конец покрытия). Положение этих точек определяется углами, которые отсчитываются двояко: либо от северной точки лунного диска *против* часовой стрелки (эти углы обозначают буквой P),

либо от точки ближайшей к зениту, т.-е. верхней, в том же направлении (эти углы обозначают буквой *г*).

Т. к. точки L_0 и S изображают Луну и звезду в момент соединения по прямому восхождению, то, след., линия L_0S есть часть круга склонения и ее продолжение проходит через полюс. Проведя через точки H и K прямые $HP_н$ и KP_k, параллельные SL_0 (черт. 33), мы получим в пересечении их с краем Луны точки $P_н$ и P_k и затем найдем при помощи транспортира углы $P_нHS$ и P_kKS (на нашем чертеже $\angle P_н = 55_0$ и $\angle P_k = 254^0$).

Для нахождения углов от зенита, напр. для конца покрытия, делим $L_{\text{(}}L_1$ в точке L_k в том же отношении, в каком точка K разделяет прямую $(0_1 + 1)$ и проводим прямую KL_k, пересекающую лунный диск в точке Z_k. Ниже (см. вычисление углов положений) будет показано, что отрезок KL_k изображает *параллакс высоты Луны* в момент T_k, а сама прямая KL_k — проекцию местного земного радиуса ρ' на фундаментальную плоскость, Плоскость, проходящая через звезду и радиус места есть плоскость вертикала звезды и, следовательно, продолжение KL_k пройдет через зенит. Из черт. 33 транспортиром находим: $\angle Z_k = \angle Z_kKS = 243^0$. Таким же образом построим $HL_н$ и найдем, что $\angle Z_н = \angle Z_нHS = 56^0$, т.-е. почти равен $\angle P_нHS$ от северного полюса. Это показывает, что начало покрытия звезды почти совпадает с моментом кульминации Луны (легко видеть, что в момент кульминации Луны $\angle P = \angle Z$).

Если окружность, описанная из S радиусом 0.273, не пересекает путь Луны (а это бывает довольно часто), то в этом случае покрытия не будет, а произойдет лишь приближение звезды к Луне (или прикосновение, если упомянутая окружность коснется лунного пути). Для нахождения наименьшего расстояния звезды от лунного диска, опускаем из точки S перпендикуляр на ближайшую часть лунного пути, отмеченного точками: -1, 0 и $+1$, и основание этого перпендикуляра делаем центром окружности радиуса 0.273. Момент наименьшего расстояния определяется обычным способом; положение ближайшей к звезде точки лунного диска определяется, как и в случае покры-

тия, углами от полюса или от зенита. Расстояние звезды от лунного диска измеряется в минутах дуги. Для этого измеряем его в миллиметрах на чертеже и отношение его к лунному радиусу умножаем на 15′.5 (видимый угловой радиус Луны). Если найденное расстояние окажется весьма незначительным (или если окружность касается), то чертеж еще не гарантирует от случая действительного покрытия, хотя и весьма непродолжительного. В этом случае вопрос может быть решен только подробным вычислением по формулам Бесселя.

ПРЕДВЫЧИСЛЕНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ. Умея выполнять график покрытия, можно, посредством тех же приемов, выполнить и график солнечного затмения. Для примера, возьмем солнечное затмение 17 апр. н. с. 1912 и найдем, как оно будет видимо в Москве.

Имеем след. данные: $T_0 = 0$ ч. 4.3 м., $h = 1^0 2'$, $\delta = +10^0 26'.9$, $p' = 0.486$, $q' = +0.245$, $q_0 = 0.590$, $f = 0.549$; кроме того для Москвы: $\rho' \cos\delta = 0.981$, $\varphi' = 55^0.6$, $\lambda = +2$ ч. 30.3 м. $= 37^0 35'$, $T_0 = 2$ ч. 34.6 м., $h_0 = 38^0 37' = 38^0 6$, где

T_0 — момент геоцентрического соединения Луны и Солнца по ср. Гр. вр,

h — соответствующий часовой угол светил,

δ — склонение Солнца в момент T_0,

p' — разность часовых изменений прямого восхождения Луны и Солнца,

q' — такая же разность для склонения,

q_0 — геоцентрическая разность склонений Луны и Солнца

f — сумма радусов Луны и Солнца.

Т. к. радиус Луны во всех случаях принимается постоянным ($k = 0.273$), то видимый радиус Солнца является величиной переменной; в данном случае он $= 0.549 - 0.273 = 0.276$, т.-е. немногим больше лунного.

Сначала находим параллаксы, соответствующие моментам $T_0 - 1$ ч., T_0, $T_0 + 1$ ч., $T_0 + 2$ ч. тем же способом, что и в случае покрытий (черт. 34, ср. с черт. 32). На черт. 35 S центр Солнца; положения центра Луны в моменты первого и последнего прикосновения к солнечному диску получаются тогда, когда мы около центра S радиусом $f = 0.549$ опишем круг и точки пересечения его с лунным путем

отметим буквами H и K. Около этих точек в свою очередь чертим окружности радиуса 0.273, а около точки

Черт. 34.

S — радиусом = 0.276. Две первые окружности коснутся третьей. Поправки к T_0 для моментов прикосновения суть; — 23.4 м. и + 2 ч. 01.0 м.*) так что затмение начнется в 2 ч. 11.2 м кончится в 4 ч. 35.6 м.

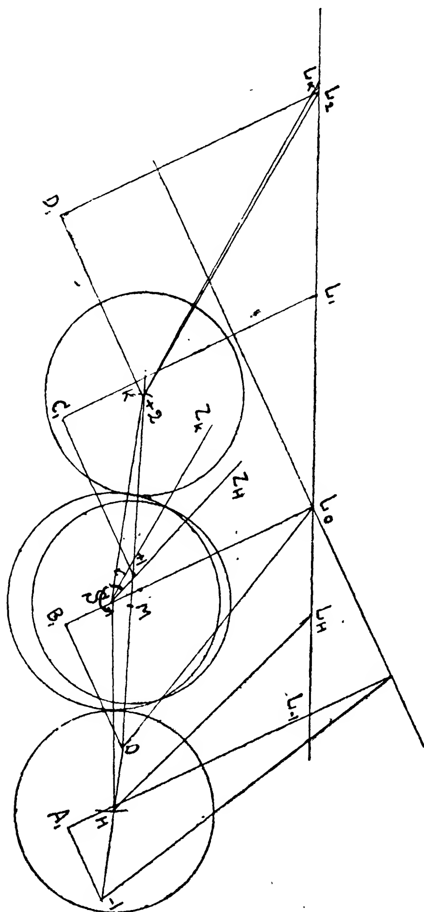
Момент наибольшей фазы может быть найден, если из S опустить перпендикуляр на путь Луны и найти положение его основания M (черт. 35). Момент этот равен 3 ч. 26 м. и точка M указывает положение в этот момент центра Луны.

Для *величины затмения* масштабное измерение дает число 0.89; оно показывает, что в момент наибольшей фазы Луна закроет 0.89 солнечного диаметра.

Положение точек прикосновения определяется уже по отношению к Солнцу, а не к Луне (которой в начале и в конце затмения наблюдатель не видит). Так. обр., углы

*) Точка K (черт. 35) лежит чуть левее точки + 2 и точка L_k также левее L_2; поправка для конца затмения найдена из отношения расстояния между точками + 1 и K к расстоянию между точками + 1 и + 2 (экстраполированием); строго говоря, нужно построить еще одну точку (+ 3), для момента T_0 + 3 ч., но в наших приблизительных вычислениях это не влияет на величину результата.

от зенита, считаемые по окружности солнечного диска против часовой стрелки суть 222° и 22°. Углы эти отличаются от соответствующих углов, считаемых по окруж-



Черт. 35.

ности лунного диска на 180°. На черт. 35 линии, идущие от центра Солнца к зениту $SZ_н$ и SZ_k; они проведены параллельно прямым $HL^н$ и KL_k, построение которых было об'яснено на черт. 33.

Видимый радиус Солнца в рассматриваемом нами примере несколько больше радиуса Луны (на 0.003); поэтому для наблюдателя, находящегося в фундаментальной плоскости, в некоторой точке S (черт. 28) затмение должно быть кольцеобразным. Наблюдатель T на поверхности Земли находится ближе к Луне на расстояние TS, вследствие этого для него видимый радиус Луны может стать больше солнечного, и тогда затмение в T может оказаться полным. Так оно, в действительности, и было на поверхности Атлантического Океана. Вследствие ничтожной разности видимых радиусов продолжительность полного затмения в этих пунктах окажется равной лишь нескольким секундам. Точный ответ на этот вопрос могут дать только подробные вычисления.

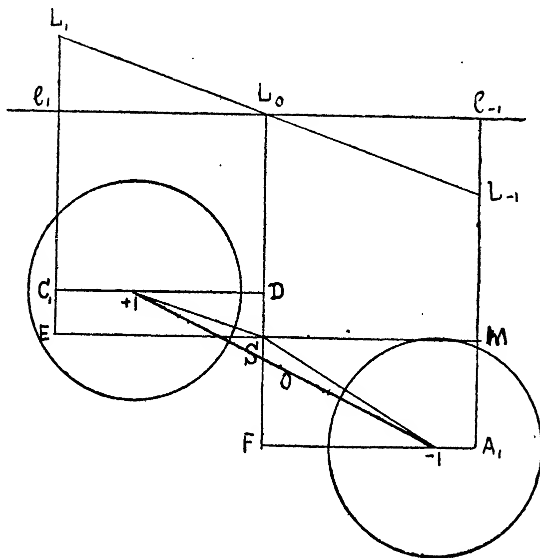
СМЕШАННЫЙ СПОСОБ ПРЕДВЫЧИСЛЕНИЯ ЛУННЫХ ПОКРЫТИЙ. Изложенный выше способ проф. Ковальского для предвычисления лунных покрытий исключительно графический; рассмотрим теперь смешанный способ — наполовину вычислительный, наполовину графический, предложенный Э. Шенбергом.

Вместо того, чтобы вычерчивать путь Луны по отношению к неподвижной звезде, как это сделано на черт. 33, чертят в большом масштабе путь звезды относительно Луны, принимаемой за неподвижную.

Переход от прежнего способа к новому станет совершенно ясным, если мы повторим снова черт. 33, но только центрами кругов возьмем не H и K, а точки -1 и $+1$.

На черт. 36 перенесено из черт. 33 только самое необходимое. Из точек: -1, S и $+1$ опустим перпендикуляры на L_0S: $+1$ D, MSE и -1 F, затем соединим S с точками: -1 и $+1$. Мы знаем, что $L_0S = q_0$, тогда можно записать, что $L_{-1}M = q_{-1}$ и $L_{-1}A_1 = Dv_{-1}$, а поэтому $SF = MA_1 = L_{-1}A_1 - L_{-1}M = Dv_{-1} - q_{-1}$ и расстояние между точками F и -1 равно $p_{-1} - Nu_{-1}$; $SD = C_1E = L_1E - L_1C_1 = q_{+1} - Dv_{+1}$ и расстояние между точками D и $+1$ равно $p_{+1} - Nu_{+1}$. Мы взяли арифметические разности, теперь рассмотрим знаки. Отрезки Dv_i и q_i у нас в сев. полушарии никогда не меняют своего направления, а потому и знак их остается постоянным, между тем как

разности их SF и SD имеют противоположные знаки; поэтому в одной из полученных нами формул придется изменить знаки. Условимся считать положительным направление вверх, т.-е. SD, тогда для отрицательного направления SF получаем формулу $SF = q_{-1} - Dv_{-1}$, т.-е. в обоих случаях разность одна и та же $q_i - Dv_i$. Если другую координату будем считать положительной влево от L_0F точно так же как, и P_i, а для Nu_i оставим то же правило, что было дано в графическом способе проф. Ковальского, то формула $P_i - Nu_i$ будет давать нам не только абсолютную длину, но и направление другой координаты.

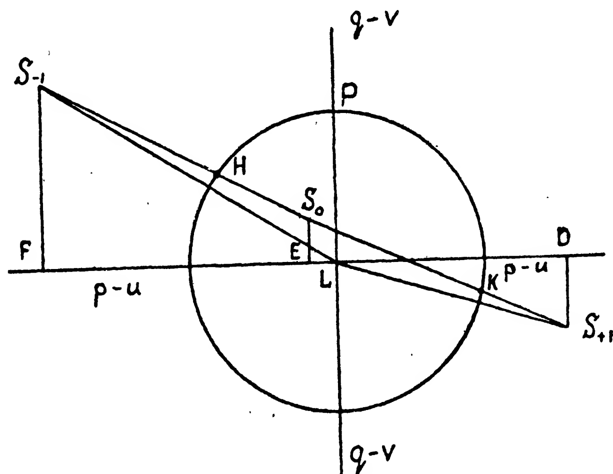


Черт. 36.

Т. о. на черт. 36 мы имеем два положения Луны относительно звезды; видимый путь Луны близок к прямой, соединяющей точки -1 и $+1$.

На черт. 37 снова видим те же прямоугольные треугольники, но только поменявшиеся местами (масштаб черт. 37

взят вдвое больший), и обозначения точек: — 1, S и + 1 заменены соответственно буквами: S_{-1}, S_0 и S_{+1}. Прежние треугольники (черт. 36) имели вершину в S (звезда), новые (черт. 37) в L (центр Луны). Относительные положения Луны и звезды остались без изменения, но на черт. 37 Луна начерчена



Черт. 37.

всего один раз, а звезда отмечена *дважды* в точках S_{-1} и S_{+1}. Путь звезды относительно Луны начерчен ломаной линией. Точка S_0 равнозначуща точке 0 на черт. 33 и 36. Точки H и K пересечения этой линии с лунным диском указывают место (и на лунном диске и на относительном пути звезды), где произойдут начало и конец покрытия.

Пусть S_{-1}, S_0 и S_{+1} обозначают положения звезды соответственно в моменты T_0-1, T_0 и T_0+1, тогда $S_{-1}S_0S_{+1}$ изобразит, как и прежде, двухчасовой путь звезды относительно диска Луны, считаемого неподвижным. Имея в виду точность необходимую для любителя, а не специалиста, т.-е. до 1 м., мы можем предположить, что на каждом из участков $S_{-}S_0$ и $S_{0+}S_1$ звезда движется относительно Луны *прямолинейно* и *равномерно* (на самом деле имеет место криволинейное и неравномерное движение).

Нам нужно определить, сколько времени потребуетс- звезде для прохождения отрезков $S_{-1}H$ и S_0K; обозначим это время через $\tau'_н$ и $\tau'_к$ соответственно, а время моментов начала и конца покрытия через $T_н$ и $T_к$. Тогда, очеведно,

$$T_н = (T_0 - 1 \text{ ч.}) + \tau'_н \,, \; T_к = T_0 + \tau'_к \,.$$

Основываясь на только что сделанном допущении, мы можем сказать, что отрезки $S_{-1}S_0$ и S_0S_{+1} графически изображают скорость звезды в промежутки $(T_0 - 1 \text{ ч.}) - T_0$ и $T_0 - (T_0 + 1 \text{ ч})$, а $S_{-1}H$ и S_0K' путь, проходимый звездой за искомое время $\tau'_н$ и $\tau_к$. Измерив эти отрезки на черт. 37 к.-н. линейной единицей (лучше всего в *мм*) найдем, что

$\tau'_н = \dfrac{S_{-1}N}{S_{-1}S_0}$ и $\tau'_к = \dfrac{S_0K}{S_0S_{+1}}$ в часах и долях часа. Остается

раздробить доли часа в минуты и подставить найденные значения в выражения для $T_н$ и $T_к$.

Наконец, углы от полюса ($\angle P_нHS$ и $\angle P_кKS$ на черт. 33) измеряем на черт. 37 транспортиром от точки P против часовой стрелки; это будет $\angle PLH$ и $\angle PLK$. О нахождении углов от зенита будет сказано ниже.

Итак, задача состоит в том, чтобы при наличии постоянного круга, изображающего диск Луны, построить вышеупомянутые треугольники, иначе говоря — находить прямоугольные координаты относительно осей, имеющих начало в центре Луны.

С целью получения в этом случае значительной степени точности чертеж делают на большом листе миллиметровой бумаги (размер листа 60×90 *см*) в масштабе $1 = 500$ *мм*; при таком масштабе радиус круга = радиусу Луны = 136.5 *мм*. Кроме того координаты звезды вычисляют (а не вычерчивают, как в способе проф. Ковальского) по крайней мере для трех моментов, разделенных часовыми (а иногда и получасовыми) промежутками с таким расчетом, чтобы одно из средних положений звезды пришлось внутри круга, а два другие вне.

Прежде чем показать на примере определение моментов покрытия, введем, для краткости, несколько новых обо-

значений в дополнение к тем, которые даны были раньше в изложении способа проф. Ковальского, а именно (см. черт. 29):

$$Nu = \rho' \cos\varphi' \sin h = u; \quad CD = \rho' \sin\varphi' \cos\delta = \mathrm{I};$$

$$Cv = \rho' \cos\varphi' \sin\delta \cos h = \mathrm{II}; \quad Dv = \mathrm{I} - \mathrm{II} = v.$$

Итак, нам придется вычислить разности $p - u$ и $q - v$ для трех моментов T_1, T_2 и T_3. Обозначим: $T_1 - T_0 = \tau_1$, $T_2 - T_0 = \tau_2$, $T_3 - T_0 = \tau_3$, где T_0 по прежнему обозначает среднее местное время соединения Луны и звезды по прямому восхождению. Чтобы координаты звезды не выходили за пределы листа бумаги, обычно можно при выборе τ руководствоваться следующей таблицей.

Если h_0 близко	то надо брать		
	τ_1	τ_2	τ_3
к 285° т. е. к — 5 ч.	— 2 ч.	— 1 ч.	0 ч.
» 330° » » — 2 »	— 1½ »	— ½ »	+ ½ »
» 360° » » — 0 »	— 1 »	0 »	+ 1 »
» 30° » » + 2 »	— ½ »	+ ½ »	+ 1½ »
» 75° » » + 5 »	0 »	+ 1 »	+ 2 »

Однако, если p' очень велико, напр., близко к 0.6, то все три положения звезды, разделенные часовыми промежутками, могут не поместиться на графике одновременно. В таком случае промежутки придется брать *получасовые*, но при этом надо помнить, что поправки $\tau'_н$ и $\tau'_к$ будут выражаться в *получасах*. В иных случаях оказывается, что кроме найденных 3 точек приходится отыскивать еще и четвертую. Это бывает тогда, когда графический путь звезды пересекает круг Луны только в одной точке.

Применим все вышесказанное к покрытию δ Овна в Ленинграде 24 февраля 1912.

Имеем след. данные: $\delta = +19°23'.8$; $T = 3$ ч. 11.6 м., $h = -1$ ч. 42 м. $= 334°30'$, $q_0 = +0.5832$, $p' = 0.5468$, $q' = +0.2033$; $\lambda = +2$ ч. 1.2 м. $= +30°18'$, $\varphi = 59°56'.5$, $\lg \rho' \cos\varphi' = 9.7008$, $\lg \rho' \sin\varphi' = 9.9354$ (последние два логарифма находим по таблице 29, отд. VI). T_0 и h_0 для Ленинграда будут: $T_0 = 5$ ч. 12.8 м. и $h_0 = 0$ ч. 19.2 м. $= 4°48'$.

Т. к. h_0 близко к 360^0, то согласно табличке, приведенной выше, в данном случае выгодно взять: $\tau_1 = -1$ ч., $\tau_2 = 0$ ч., $\tau_3 = +1$ ч., тогда $T_1 = 4$ ч. 12.8 м., $T_2 = 5$ ч. 12.8 м, $T_3 = 6$ ч. 12.8 м.

Найдем теперь часовые углы h_1, h_2 и h_3, соответствующие выбранным моментам T_1, T_2 и T_3; т. к. звездное время в течение каждого часа (15^0) опережает среднее приблизительно на 10 с. ($2'.5$), то для получения h_1, h_2 и h_3 к часовому углу h_0 необходимо придать (алгебраически) соответственно след. поправки: -1 ч. 0.2 м. $= -15^0 2'.5$; 0 ч.; $+1$ ч. 0.2 м. $= +15^0 2'.5$. Тогда часовые углы будут: $h_1 = -0$ ч. 41.0 м. $= 349^0 45'.5$; $h_2 = 0$ ч. 19.2 м. $= 4^0 48'$; $h_3 = +1$ ч. 19.4 м. $= 19^0 50'.5$.

Значения p и q, соответствующие выбранным τ, находятся по формулам: $p = p'\tau$ и $q = q_0 + q'\tau$; при помощи этих формул находим: $p_1 = -0.5468$, $p_2 = 0$; $p_3 = +0.5468$; $q_1 = 0.3799$, $q_2 = 0.5832$, $q_3 = 0.7865$.

После этого вычисляем $p - u$ и $q - v$ для выбранных трех моментов.

Раньше, чем откладывать полученные координаты на миллиметровой бумаге, необходимо решить вопрос, будет ли в данном случае покрытие, или нет. Делается это при помощи небольшого графика на обыкновенной клетчатой бумаге (сторона квадрата клетки приблизительно $= 5$ *мм*); примем, что 1 соответствует 20 клеткам, тогда лунный диск надо будет описать радиусом $= 5.5$ клетки (0.273×20); все $p - u$ и $q - v$ выразим в клетках, умножив их числовые величины на 20; после этого построим точки S_{-1}, S_0 и S_{+1} (ср. черт. 37) и проведем линии $S_{-1}S_0$ и S_0S_{+1}. Если линия $S_{-1}S_0S_{+1}$ не пересекает лунного диска, покрытия не будет; если эта линия проходит очень близко к нему, то вопрос решится на более крупном чертеже на миллиметровой бумаге ($1 = 500$ *мм*); если линия пересечет круг в одной точке, то необходимо вычислить четвертую точку, какую именно — легко усмотреть из чертежа; если при этом крайняя из построенных точек находится внутри недалеко от окружности, то четвертую точку можно вычислять для получасового промежутка.

После того как малый график сделан, и не дал отрицательного ответа, строим график на большом листе миллиметровой бумаги (60×90 *см*) в масштабе $1 = 500$ *мм*.

Предварительно выражаем радиус Луны и все координаты в миллиметрах (умножая их числовые значения на 500), получим (черт. 37);

для точки	S_{-1}	$LF = -228.7$ *мм*,	$FS_{-1} = -134.5$ *мм*
» »	S_0	$LE = -\ 21.0$ »	$ES_0 = -\ 31.8$ »
» »	S_{+1}	$LD = +188.2$ »	$DS_{+1} = +\ 65.2$ »

По этим координатам строим точки S_{-1}, S_0 и S_{+1}*) и проводим линии $S_{-1}S_0$ и S_0S_{+1}, которые дадут ломаную (правда в мало заметной степени) линию.

Примечание. Если угол между линиями $S_{-1}S_0$ и S_0S_{+1} больше 3^0, то несомненно наличие ошибки; для проверки надо внимательно посмотреть, правильно ли нанесены точки; если же они отмечены в соответствии с полученными данными, то искать ошибку надо в вычислениях.

Теперь при помощи миллиметровой линейки**) находим из графика: $S_{-1}H_1 = 129.3$ *мм*, $S_{-1}S_0 = 231.1$ *мм*, $S_0K = 167.0$ *мм*, $S_0\,S_{+1} = 230.3$ *мм*; отсюда находим поправки $\tau'_н$ и $\tau'_к$:

$$\tau'_н = \frac{129.3}{231.1} = 0{,}56 \text{ ч.} = 33.6 \text{ м.}$$

$$\text{и} \quad \tau'_k = \frac{167.0}{230.3} = 0.725 \text{ ч.} = 43.5 \text{ м.}$$

Результаты эти точнее тех, что были получены нами раньше (по способу проф. Ковальского), но, как видим, весьма мало от них отличаются.

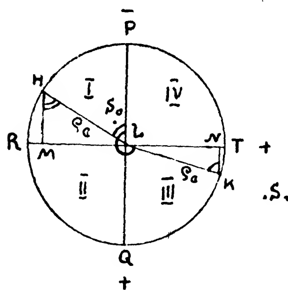
Примечание 1. Измеряя расстояния $S_{-1}S_0$ и S_0S_{+1}, следует иметь в виду, что длина их (при масштабе $1 = 500$ *мм*) колеблется в пределах от 190 *мм* до 340 *мм* для каждого, а разность между ними (для одной и той же звезды) не должна превышать 25 — 30 *мм*.

---

*) Отсчет и отложение координат на графике значительно ускоряется, если по осям в соответствующих точках поставить отметки: + 50, + 100, + 150, — 50, — 100, — 150 и т. д.

**) Эту линейку удобнее всего сделать из той же миллиметровой бумаги, из которой сделан чертеж; ширина 1 — 2 *см* вполне достаточна, надо только тщательно обрезать края и отметить на ней деления 10 *мм*, 20 *мм* и т. д.

Примечание 2. Если приходится производить много вычислений покрытий звезд, то полезно для определенного по широте пункта земной поверхности составить таблицы для u по аргументу h и для v по двум аргументам h и δ. Если таблица значений u вычисляется с 3 десятичными знаками, то h достаточно брать через 10-минутные ($2^0 30'$) промежутки, если же с 4 знаками, то h берется через каждую минуту. В 3-значной таблице значений v аргумент h можно брать через получасовые промежутки ($7^0 30'$), а δ через 1^0; в 4-значной h берется через 10 м. ($2^0 30'$) и δ через $10'$.



Черт. 38.

ВЫЧИСЛЕНИЕ УГЛОВ ПОЛОЖЕНИЙ. *Углы от полюса* $P_н$ *и* P_k, как говорилось выше, можно найти непосредственно из графика при помощи транспортира, но их нетрудно и вычислить. Опустим из точек H и K (черт. 38) перпендикуляры HM и KN на диаметр RT; тогда LM и LN будут значениями $p-u$ для начала и конца покрытия; аналогично MH и NK будут значениями $p-v$ для тех же моментов; их можно найти непосредственным измерением миллиметровой линейкой.

Проведем радиусы LN и LK, тогда $P_н = \angle PLH$ и $P_k = \angle PLK$.

Обозначим $\angle MHL$ через y, получим из $\triangle MHL$:

$$\sin y = \frac{LM}{HL} = \frac{(p-u)_н}{\rho_☾}; \quad \cos y = \frac{HM}{HL} = \frac{(q-v)_н}{\rho_☾};$$

$$\operatorname{tg} y = \frac{LM}{HM} = \frac{p-u}{q-v},$$

причем $p-u$ и $q-v$ надо брать с присвоенными им в графике знаками. Аналогичные формулы мы можем написать для $\angle LKN$ в $\triangle LKN$. Найдя по любой из трех вышеприведенных формул величину угла y, сумеем найти и $P_н$; надо только помнить, что углы P отсчитываются от точки P против часовой стрелки: порядок четвертей указан на черт. 38 римскими цифрами.

Наконец для вычисления углов P_n и P_k можно воспользоваться таблицей приложенной в конце этой статьи (стр. 146).

Теперь займемся вычислением *углов от зенита* и, кстати, об'ясним построение линий $KL_к$ и $HL_н$ на черт. 33.

Прежде всего нам необходимо определить на чертеже, а затем и аналитически, положение плоскости вертикала, проходящего через центр Луны в момент наблюдения ($T_н$ или $T_к$). В наших дальнейших выводах мы не будем принимать в расчет разности между географической и геоцентрической широтой.

Вспомним, что вертикал светила должен проходить через светило и отвесную линию места наблюдения, т. е. через продолжение земного радиуса.

В таком случае плоскость, проходящая через прямую ST (черт. 28) и продолжение радиуса OT и будет вертикалом светила S, наблюдаемого в пункте T. Так как эта плоскость с фундаментальной плоскостью имеет общую точку (O), то они должны пересечься по прямой sO (непроведенной на черт. 28), которая является проекцией радиуса OT на фундаментальную плоскость. Она то и изображает направление к зениту на черт. 33 ($KZ_к$, $HZ_н$), ибо черт. 25 есть проекция звезды, Луны и ее движения на фундаментальную плоскость (то же самое, впрочем, можно сказать и о черт. 26, 31 и 36).

Линия OZ (черт. 28) — проекция оси мира на фундаментальную плоскость; на чертеже 33 ей соответствуют линии $HP_н$ и $KP_к$. Эта линия изображает направление к полюсу.

Определим теперь астрономический смысл отрезка Os (черт. 28). Вспомним, что Ol — параллакс по склонению (v), а $ls = Ok$ — параллакс по прямому восхождению (u). Следовательно, Os, как результирующая этих двух параллаксов, есть линейное смещение Луны в плоскости вертикала, т. е. короче говоря, — *параллакс высоты Луны* в момент наблюдения из пункта T.

Положение отрезка Os на фундаментальной плоскости относительно направленной к полюсу линии OZ опреде-

ляется параллактическим углом lOs, который мы обозначим через γ. Тогда (из $\triangle lOs$) находим, что $\operatorname{tg}\gamma = \frac{u}{v}$. Отсюда, между прочим, видно, что угол γ с течением времени непрерывно меняется.

$\gamma = 0$, когда $u = \rho' \cos\varphi' \sin h = 0$. Так как у нас $\varphi' < 90^0$ и ρ' не равно 0, то это может быть лишь тогда, когда $h = 0$, т. е. в момент верхн. кульминации.

Условимся считать $\gamma > 0$, если он отложен влево (против часовой стрелки) от линии OZ, и $\gamma < 0$ в противоположном направлении. При таком условии всегда $\gamma < 90^0$, благодаря чему определение его из формулы $\operatorname{tg}\gamma = \frac{u}{v}$ делается вполне определенным, а именно:

если $\frac{u}{v} = \operatorname{tg}\gamma > 0$, то и $\gamma > 0$ (когда $h > 0$, т. е. $h < 180^0$),

если $\frac{u}{v} = \operatorname{tg}\gamma < 0$, то и $\gamma < 0$ (когда $h < 0$, т. е. $h > 180^0$).

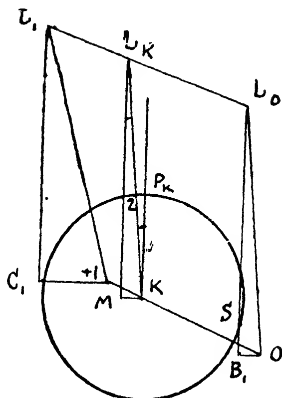
Отсюда получаем: $Z = P - \gamma$, где Z искомый угол от зенита.

Определим углы Z и γ. $u_1 = -0.0893$, $u_2 = 0.0420$; изменение за 1 ч. $= 0.420 - (-0.0893) = 0.1313$; изменение за 0.56 ч. $- 0.1313 \times 0.56 = +0.0735$; отсюда $u_н = -0.093 + 0.0735 = -0.0158$. Аналогично найдем изменение v за 0.56 час. $= (0.6467 - 0.6488) \times 0.56 = -0.0012$, след. $v_н = 0.6488 + (-0.0012) = 0.6476$. Отсюда $\operatorname{tg}\gamma_н = -\frac{0.0158}{0.6476} = -1^0.4$ и $Z_н = 55^0.2 - (-1^0.4) = 56^0.6$. Совершенно так же находятся углы конца покрытия.

Таким образом вопрос о вычислении углов $Z_н$ и $Z_к$ исчерпан, но мы хотим здесь дать еще пояснения к построению этих углов, сделанному ранее на черт. 33.

Пусть, для большей определенности, требуется построить угол $\gamma_к$. Для этого, как было выяснено выше, необходимо построить $\triangle lOs$ (черт. 28), составленный 3 параллаксами: по склонению, прямому восхождению и по высоте, соот-

ветствующими моменту $T_к$. Обратимся к черт. 39, на котором представлена левая половина черт. 33, соответствующая окончанию покрытия.



Черт. 39.

$\triangle L_0B_1O$ и $\triangle L_1C_1+1$ суть интересующие нас параллактические треугольники, соответствующие моментам T_0 и T_0+1. Чтобы построить такой треугольник для момента $T_к$, нужно только знать положение точки $L_к$, т. е. центра Луны, в момент $T_к$ на геоцентрическом пути L_0L_1 который она проходит за час времени от T_0 до T_0+1 ч. Т. к. за тот же самый промежуток времени для наблюдателя, расположенного на земной поверхности, Луна пройдет отрезок $(0+1)$ своего видимого пути, то каждой точке отрезка $(0+1)$ соответствует определенная и единственная точка отрезка L_0L_1. Таким образом, устанавливается соответствие между точками K и $L_к$, которые изображают центр Луны, видимый с земной поверхности и из центра земли в один и тот же момент. Если считать движение Луны за время от T_0 до T_0+1 ч. прямолинейным и равномерным, то положение точек K и $L_к$ должно удовлетворять пропорции: $L_0K : L\,L_1 = OK : (K+1)$ чем мы уже пользовались при построении линий $HZ_к$ и $KZ_к$ на черт. 33. Докажем, что в таком случае $\angle P_кKZ_к = \gamma_к$. Для этого (черт. 39) проведем отрезки $L_кM \parallel L_0S$ и $KM \parallel C_1+1_1$ тогда $L_кM = V_к$, $KM = u_к$. Из $\triangle L_1MK$ находим, что $\operatorname{tg} KL_кM = \frac{u_к}{v_к}$, но $\frac{u_к}{v_к} = \operatorname{tg}\gamma_к$, следовательно $\angle KL_кM = \gamma$. Но $\angle KL_кM = \angle P_кKL_к$ (по построению), след. $\angle PKZ_к = \gamma_к$.

Для грубого контроля вычисленных значений угла можно пользоваться следующим признаком. Заметим предварительно, что часовой угол h с течением времени непрерывно возрастает, т. е. абсолютная величина положительного h возрастает, отрицательного — убывает; поэтому при всяких

Ленинград. δ Овна. 1912, февраль 24.

Обозначения.	Числовые величины.
φ'	$59^0 46'.3$
δ	$+19^0 23'.8$
T_0	5 ч. 12.8 м.
h_0	$4^0 48'$
p'	0.5468
q_0	0.5832
q'	+ 0.2033
$\lg\rho'\cos\varphi'$	9.7008
$\lg\sin\delta$	9.5213
$\lg\rho'\cos\varphi'\sin\delta$	9.2221
$\lg\rho'\sin\varphi$	9.3354
$\lg\cos\delta$	9.9746
lg I	9.9100
I	0.8129

Обозначения.	1 (точка S_{-1}).	2 (точка S_0).	3 (точка S_{+1}).
τ	— 1 ч.	0 ч.	+ 1 ч.
T	4 ч. 12.8 м.	5 ч. 12.8 м.	6 ч. 12.8 м.
h	$349^0 45'.5$	$4^0 48'$	$19^0 50'.5$
$\lg\rho'\cos\varphi'$	9.7008	9.7008	9.7008
$\lg\sin h$	9.2499_n	8.9226	9.5307
$\lg u$	8.9507_n	8.6234	9.2315
u	— 0.0893	0.0420	0.1704
p	— 0.5468	0	0.5468
$p-u$	— 0.4575	— 0.0420	+ 0.3764
тоже в *мм*	— 228.7	— 21.0	+ 188.2
$\lg\rho'\cos\varphi'\sin\delta$	9.2221	9.2221	9.2221
$\lg\cos h$	9.9930	9.9985	9.9734
lg II	9.2151	9.2206	9.1955
II	0.1641	0.1662	0.1569
I	0.8129	0.8129	0.8129
$v =$ I — II	0.6488	0.6467	0.6560
q	0.3799	0.5832	0.7865
$q-v$	— 0.2689	— 0.0635	+ 0.1305
тоже в *мм*	— 134.5	— 31.8	+ 65.2

Вычисление углов.

Обознач.	Начало.	Конец.
$p-u$ (из графика)	112.1	131.1
$\lg(p-u)$	2.0496	2.1176
$\lg\sin y$	9.9145	9.9825
P (по граф.)	55°	254°
P (по $\sin y$)	$55^0.2$	$253^0.8$
u	— 0.0158	0.1351
v	0.6476	0.6534
$\lg u$	8.1987_n	9.1306
$\lg v$	9.8113	9.8152
$\lg \operatorname{tg}\gamma$	8.3874_n	9.3154
$-\gamma$	$1^0.4$	$-11^0.7$
Z	**$56^0.6$**	**$242^0.1$**

Вычисление моментов начала и конца покрытия.

Поправки к T (из графика) в часах.	$\tau'_н$	$+\frac{129.3}{231.1}$ 0.56 ч.	$\tau'_к$	$+\frac{167.0}{230.3}$ 0.725 ч.
Тоже в минут.	— T_{-1}	0 ч. 33.6 4 ч. 12.8	— T_0	0 ч. 43.5 м. 5 ч. 12.8 м.
Окончательно	$T_н$	**4 ч. 46.4 м.**	$T_к$	**5 ч. 56.3 м.**

$\lg\rho☾ = 2.1351$, доп. $\lg\rho☾ = 7.8649$.

Примечание: Буква *n*, стоящая справа от логарифма, указывает, что число соответствующее этому логарифму, является отрицательным; ср. $\lg u = 8.9507_n$ и $u = -0.0893$.

значениях h, положительных или отрицательных, $h_н < h_к$. Если часовой угол выражен во времени, то получаем след. соотношения: если абсолютная величина

$$h < 6 \text{ ч. то } \gamma \text{ возрастает } (\gamma_н < \gamma_к),$$

$$h > 6 \text{ ч. то } \gamma \text{ убывает } (\gamma_н > \gamma_к),$$

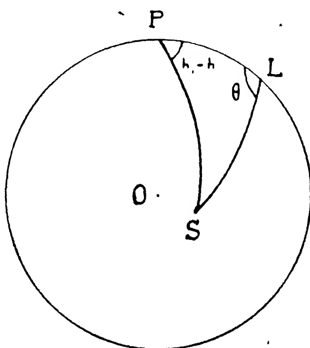
и т. к. в точке 6 ч. непрерывность изменений h претерпевает разрыв, то вне контроля остаются случаи, когда $h_н < +6$ ч. и $h_к > +6$ ч. либо $h_н < -6$ ч. и $h_к > -6$ ч.

Для сокращения времени и облегчения работы хорошо иметь наперед вычисленную таблицу значений углов γ по аргументам h и δ (как в таблице значений v), но интервалы здесь можно брать больше. Особенно легко это сделать тем, у кого есть такая же таблица параллаксов u и v.

Все вычисления рекомендуется вести по таблице, приведенной на стр. 144.

ВИДИМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ВЕЛИЧИНА ОСВЕЩЕННОЙ ЧАСТИ ЛУННОГО ДИСКА. При вычислении покрытий Луною звезд бывает небезинтересно знать вперед расположение и величину освещенной части лунного диска относительно покрываемого светила и горизонта данного места. В этом случае следует определить направление линии, соединяющей центры Луны и Солнца (ось конуса тени), по отношению к кругу склонения Луны или по отношению к вертикалу, проходящему через центр лунного диска.

Для простоты вычисления допустим, что вид и положение освещенной части Луны не изменяются при переходе наблюдателя из центра земли на ее поверхность и что образующие конуса тени параллельны самой оси конуса.



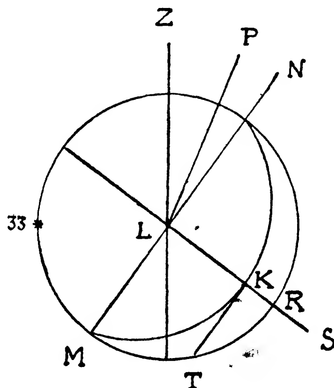
Черт. 40.

Так как эта ось проектируется на небесную сферу дугою L большого круга (черт. 40), то ее направление будет известно, когда найдем угол θ между кругом склонения PL

Луны и дугою LS. Из сферического треугольника SPL, в котором δ и h будут геоцентрическим склонением и часовым углом Луны, а δ_1 и h_1 — геоцентрическим склонением и часовым углом Солнца для данного момента и места земной поверхности, получим:

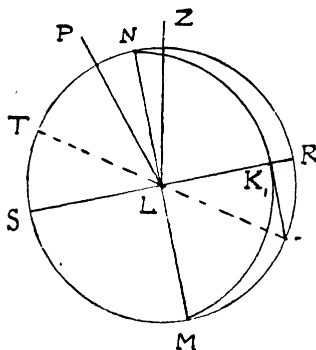
$$\operatorname{ctg}\theta = \frac{\cos\delta \operatorname{tg}\delta_1 - \sin\delta\cos(h_1 - h)}{\sin(h_1 - h)}$$

Если теперь соединим концы лунного серпа прямою MN (черт. 41), то последняя всегда будет перпендикулярна к LS. Отложив от P вправо угол θ, получим направление MN, а следовательно и точки M и N. Величина самого серпа $MKNR$ определится расстоянием KR. Это расстояние находим, отложив в направлении движение часовой стрелки на окружности лунного диска от точки R дугу RT, соответствующую возрасту Луны, и опустив перпендикуляр TK на линию LS.



Черт. 41.

В тех случаях, когда дуга RT более 180^0 (т.-е. после полнолуния), следует от точки T (черт. 42) отложить в обратном направлении дугу $TT_1 = 180^0$. Из конца T_1 этой дуги опускаем перпендикуляр T_1K_1, причем $NTMK_1$ будет освещенной частью лунного диска.



Черт. 42.

Дуги MKN и MK_1N на обоих чертежах будут дугами эллипса, так как представляют собой проекции полуокружности на плоскость лунного диска.

Положение освещенной части относительно зенита Z определится, когда найдем параллактический угол $\gamma = ZLP$ между на-

правлениями на полюс P и зенит Z данного места. Угол γ всегда менее 90^0. Положительная величина его откладывается от Z вправо, а отрицательная влево. Этот угол может быть найден по формуле:

$$\operatorname{ctg}\gamma = \frac{\cos\delta \operatorname{tg}\varphi - \sin\delta\cos h}{\sin h},$$

где φ есть географическая широта места.

При вычислении покрытий по способу проф. Ковальского положение Луны и покрываемой звезды, а также угол γ получаются прямо из чертежа. Здесь остается только сделать вычисление для угла θ.

Пример I. Найдем положение и величину лунного серпа при начале покрытия 33 Козерога 27 декабря 1927 в Москве в 18 ч. 1 м. ср. Москов. времени или в 15 ч. 31 м. ср. Гр. времени; последнее время обозначим через τ_0.

Для этого момента имеем: $h_1 = 6^ч 0^м,5 = 90^0 7'$; $\delta_1 = -23^0 22'$; S (зв. время) $= 0^ч 21^м.5$; $\alpha = 21^ч 20^м.5$; $h = 3^ч 1^м.0 = 45^0 15'$; $\delta = -20^0 12'$; $h_1 - h = 44^0 52'$.

Далее находим: $\theta = 103^0$; $\gamma = +24^0$.

Возраст Луны или дуга RT будут известны, когда найдем моменты τ_1 новолуния и τ_2 первой четверти, между которыми заключается данный момент τ_0; $\tau_1 = 24$ дек. $4^ч 13^м$, $\tau_2 = 31$ дек. $11^ч 22^м$; следовательно

$$RT = 90^0 . \frac{\tau_0 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} = 90^0 . \frac{83^ч}{175^ч} = 43^0.$$

Вид и положение серпа показаны на черт. 41.

Пример II. Найдем положение и вид освещенной части лунного диска 13 сент. 1927 в Н.-Новгороде в 22 ч. 56 м. ср. Нижег. вр. или $20^ч 0^м$ ср. Гр. вр.

Имеем: $h_1 = 10^ч 59^м 9 = 164^0 58'$; $\delta_1 = +3^0 57'$; $h = 20^ч 53^м.5 = 313^0 22'$; $\delta = +4^0 41'$; $h_1 - h = 211^0 36'$; $\theta = 285^0$; $\lambda = -27^0$, $\tau_1 = 27$ авг. $6^ч 45^м$, $\tau_2 = 25$ сент. $22^ч 11^м$; $\tau_0 = 13$ сент. $20^ч 0^м$. Здесь τ_1 и τ_2 означают моменты двух следующих друг за другом новолуний, между которыми заключается момент τ_0.

$$RT = 360^0 . \frac{\tau_0 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} = 360^0 . \frac{421^ч}{711^ч} = 213 .$$

Освещенная часть $MTNK_1$, диска показана на черт. 42.

Таблица для нахождения углов $P_н$ и $P_к$ по координатам $p-u$ или $q-v$, если радиус Луны на графике=136.4 *мм*.

$p-u$ или $q-v$	d	P'	$p-u$ $q-v$	d	P'	$p-u$ $q-v$	d	P'	$p-u$ $q-v$	d	P'
мм		°	*мм*		°	*мм*		°	*мм*		°
0		0	35.3		15	68.2		30	96.4		45
	1.2			2.3			2.0			1.7	
1.2		1	37 6		16	70.2		31	98.1		46
	2.4			2.3			2.1			1.6	
4.8		2	39.9		17	72.3		32	99.7		47
	2.3			2.2			2.0			1.6	
7.1		3	42.1		18	74.3		33	101.3		48
	2.4			2.3			2.0			1.6	
9.5		4	44.4		19	76.3		34	102.9		49
	2.4			2.2			1.9			1.6	
11.9		5	46.6		20	78.2		35	104.5		50
	2.4			2.9			1.9			1.5	
14.3		6	48.9		21	80.1		36	106.0		51
	2.3			2.2			2.0			1.4	
16.6		7	51.1		22	82.1		37	107.4		52
	2.4			2.2			1.8			1.5	
19.0		8	53.3		23	83.9		38	108.9		53
	2.3			2.2			1.9			1.4	
21.3		9	55.5		24	85.8		39	110.3		54
	2.4			2.1			1.9			1.4	
23.7		10	57.6		25	87.7		40	111.7		55
	2.3			2.2			1.8			1.4	
26.0		11	59.8		26	89.5		41	113.1		56
	2.4			2.1			1.7			1.3	
28.4		12	61.9		27	91.2		42	114.4		57
	2.3			2.1			1.8			1.2	
30.7		13	64.0		28	93.0		43	115.6		58
	2.3			2.1			1.7			1.3	
33.0		14	66.1		29	94.7		44	116.9		59
	2.3			2.1			1.7			—	

Если P оканчивается (черт. 38).	и P ищется по таблице по $p-u$	по $q-v$
в I четверти	то $P=P'$	то $P=90°-P'$
„ II „	„ $P=180°-P'$	$P=90+P'$
„ III „	„ $P=180°+P'$	$P=270°-P'$
„ IV „	„ $P=360°-P'$	$P=270°+P'$

Пример. P оканчивается в II четверти; $p-u=74.7$ *мм*; путем простой интерполяции находим из таблицы: $P'=33°+\frac{0.4}{2.0}\,33°.2$, след. $P=180°-33°.2=146°.8$.

Измерять лучше ту координату, которая меньше по абс. вел., тогда $P'<45°$.

Добавление 2.

Вычисление солнечных затмений и покрытий звезд Луною

(способ Бесселя и Ганзена).

А. ПРЕДВЫЧИСЛЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ ДЛЯ ДАННОГО МЕСТА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ПОНЯТИЯ. Вообразим плоскость XOY (черт. 43), проходящую чрез центр O Земли и перпендикулярную в каждый данный момент к прямой линии, соединяющей центры S Солнца и L Луны; эта прямая SL есть общая ось конусов тени и полутени Луны. Вышеупомянутая плоскость носит название *главной плоскости*. Ось OZ, выходя из центра O Земли, параллельна в каждый данный момент линии SL и считается положительной по направлению в сторону, обращенную к Солнцу. Положительной частью оси OY считается проекция части земной оси от центра до сев. полюса на главной плоскости. Ось OX есть пересечение плоскости земного экватора с главной плоскостью, и положительной ее частью считается та, которая лежит на главной плоскости *вправо* от оси OY, если смотреть на главную плоскость с Луны. $x = OC$ и $y = AC$ суть координаты на главной плоскости точки A, в которой общая ось конусов тени и полутени Луны встречает главную плоскость. Эти координаты x и y даются в астр. календарях чрез каждые 10 мин. ср. времени. В конце статьи перепечатана в сокращенном виде таблица для затмения 29 июня 1927. В этой таблице x' и y' означают минутные (во времени) изменения координат x и y, угол d есть склонение точки Z, в которой положительная часть оси OZ встречает небесную сферу. Угол μ есть для

Гр. меридиана часовой угол точки Z. Величины u_e и u_i суть соответственно радиусы оснований конусов полутени и тени на главной плоскости (x, y, u_e, u_i выражены в единицах экваториального радиуса Земли). u_i считается отрицательным, если вершина конуса тени лежит за главной плоскостью и положительным, если вершина конуса лежит перед главной плоскостью, воображая, что мы смотрим на нее с Луны. Углы f_e и f_i суть соответственно углы оси с образующими конусов полутени и тени.

Пусть λ будет долгота данного места, выраженная в градусах и считаемая положительной к востоку от Гринича; φ — географическая широта данного места; φ' — его геоцентрическая широта. Тогда координаты $\xi = OD$, $\eta = M_1 D$, $\zeta = M_1 M$ данного места на поверхности земного эллипсоида и их минутные (во времени) изменения ξ', η' и ζ' выразятся формулами:

$$\left.\begin{aligned} \xi &= \rho \cos\varphi' \sin(\mu+\lambda) \\ \eta &= \rho \sin\varphi' \cos d - \rho \cos\varphi' \sin d \cos(\mu+\lambda) \\ \zeta &= \rho \sin\varphi' \sin d + \rho \cos\varphi' \cos d \cos(\mu+\lambda) \end{aligned}\right\} \quad 1)$$

$$\left.\begin{aligned} \xi' &= [7.63986]\,\rho \cos\varphi' \cos(\mu+\lambda) \\ \eta' &= [7.63986]\,\xi \sin d \\ \zeta' &= -[7.63986]\,\xi \cos d \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Здесь $\mu+\lambda = t$ есть часовой угол точки Z для данного места, 7.63986 — логарифм постоянного числа (см. стр. 155).

Величины $\rho \sin\varphi'$ и $\rho\cos\varphi'$ могут быть найдены по таб. 29, отд. VI, а также по формулам:

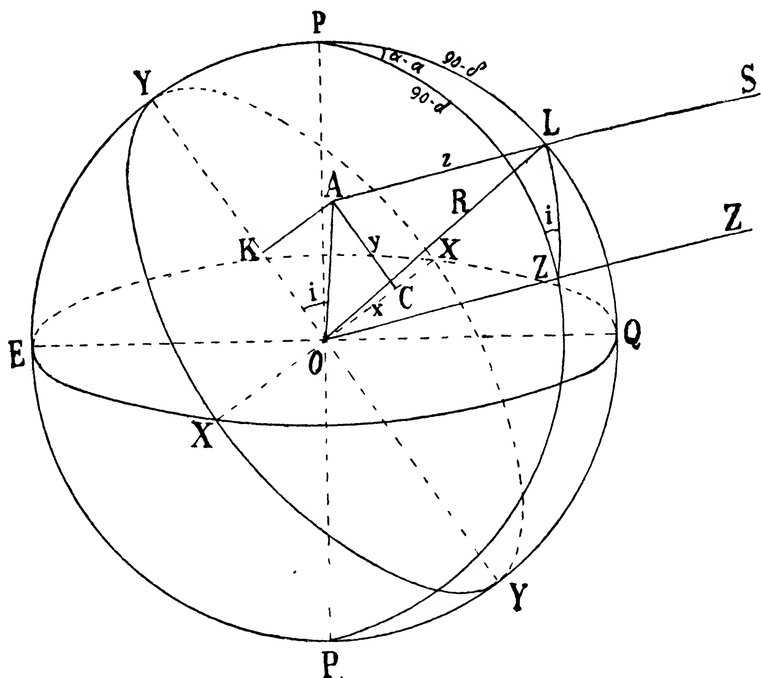
$$\sin p = e \sin\varphi;\; \rho\sin\varphi' = \frac{b^2 \sin\varphi}{\cos p};\; \rho\cos\varphi' = \frac{\cos\varphi}{\cos p} \quad (3)$$

где φ — географич. широта места, e — эксцентриситет земного меридиана и b^2 — квадрат малой полуоси Земли, p — вспомогательный угол. Принимая сжатие Земли $= \frac{1}{297}$, найдем для логарифмов e и b^2: $\lg e = 8.91377$; $\lg b^2 = 9.99707$.

ВЫВОД ФОРМУЛ ДЛЯ КООРДИНАТ ЛУНЫ И ДАННОГО МЕСТА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ. Из черт. 43 видно, что координаты x, y точки Z на главной плоскости будут так-

же координатами центра Луны на этой плоскости. Третьей координатой z лунного центра является расстояние LA.

Проведем чрез центр L Луны сферическую поверхность (черт. 44), центром которой будет центр O Земли. Пусть круг PLP' будет кругом склонения Луны. Точки P и P' суть точки пересечения продолжения земной оси с нашей сферой; точка Z есть точка пересечения со сферой пер-



Черт. 44.

пендикуляра, восставленного из центра O Земли к главной плоскости XOY; A — проекция центра Луны на эту плоскость; $x = OC$, $y = AC$, $z = LA$ — координаты Луны. В сферич. треугольнике PZL угол $PZL = i$ измеряетсся углом AOK плоского треугольника AOK на главной плоскости; сферич. угол ZPL есть разность прямых восхо-

ждений Луны и точки Z, т.-е. $ZPL = \alpha - a$; стороны: $PL = 90 - \delta$, $PZ = 90 - d$; сторона LZ измеряется углом $LOZ = ALO$.

Из плоских треугольников AOK и AOL имеем:

$$x = AO \sin i, \quad y = AO \cos i, \quad z = R \cos LZ, \qquad (a)$$

здесь R есть расстояние центров Луны и Земли, выраженное в единицах земного экваториального радиуса и равное $R = \frac{1}{\sin \pi}$, где π — экватор. горизонтальный параллакс Луны.

В сферич. треугольнике PZL имеем:

$$\sin LZ \cos i = \sin \delta \cos d - \cos \delta \sin d \cos (\alpha - a)$$
$$\cos LZ = \sin \delta \sin d + \cos \delta \cos d \cos (\alpha - a)$$
$$\sin i = \frac{\cos \delta \sin (\alpha - a)}{\sin LZ}$$

Так как $AO = R \sin LZ$, то, подставляя значения AO, $\sin i$, $\cos i$, R в формулы (a), найдем координаты Луны:

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{1}{\sin \pi} \cos \delta \sin (\alpha - a) \\ y &= \frac{1}{\sin \pi} \left[\sin \delta \cos d - \cos \delta \sin d \cos (\alpha - a) \right] \\ z &= \frac{1}{\sin \pi} \left[\sin \delta \sin d + \cos \delta \cos d \cos (\alpha - a) \right] \end{aligned}\right\} (4)$$

В эти формулы входят две неизвестные нам величины a и d. Но т. к. направления к Солнцу от Земли и от Луны во время затмения очень мало отличаются друг от друга, то разности $A - a$ и $D - d$ (A и D суть прям. восх. и склонение Солнца) очень малы и легко могут быть определены, если воспользуемся приближенными формулами параллаксов.

Если мы мысленно перенесемся из центра O Земли на поверхность лунной сферы в точку L, то геоцентрические координаты A и D Солнца изменятся в a и d, т. к. от центра Луны направления на Солнце и на точку Z один

и те же. Заменяя в формулах параллаксов величины ρ, π, φ', δ и t соответственно чрез R, π' (солнечный параллакс), δ, D и $(\alpha - A)$ найдем:

$$A - a = \frac{\pi'}{\sin \pi} \cdot \frac{\cos \delta \sin (\alpha - A)}{\cos D} \tag{5}$$

$$D - d = \frac{\pi'}{\sin \pi} [\sin \delta \cos D - \sin D \cos \delta \cos (\alpha - A)]$$

Последняя формула может быть заменена чрез

$$D - d = \frac{\pi'}{\sin \pi} \sin (\delta - D) \tag{6}$$

ввиду того, что разность этих двух выражений, равная

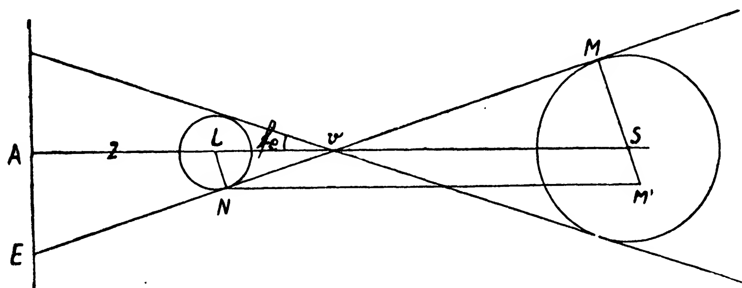
$$\frac{\pi'}{\sin \pi} 2 \sin D \cos \delta \sin^2 \frac{\alpha - A}{2},$$

всегда менее $0'', 1$.

Из формул (5) и (6) легко определяются величины a и d.

Найдем теперь углы f_e, f_i, а также радиусы полутени u_e и тени u_i.

Пусть (черт. 45) $LS = q$, $LV = l$, $AE = u_e$, $LA = z$. Проведем чрез N линию NM' параллельно оси LS до пере-



Черт. 45.

сечения с продолжением солнечного радиуса MS в точке M'. Тогда из треугольника NMM' имеем:

$$\frac{MM'}{M'N} = \frac{MM'}{LS} = \sin f_e$$

Обозначая линейные радиусы Солнца и Луны чрез s и k, найдем

$$\sin f_e = \frac{s+k}{q} \tag{7)*}$$

Величина q достаточно точно определяется из равенства.

$$q = \frac{1}{\sin \pi'} - \frac{1}{\sin \pi},$$

вместо которого можно взять

$$q = \frac{\sin\ (\pi - \pi')}{\sin \pi\ \sin \pi'}$$

Радиус полутени $u_e = (l + z) \operatorname{tg} f_e$, но $l = \frac{k}{\sin f_e}$, следовательно

$$u_e = \left(\frac{k}{\sin f_e} + z\right) \operatorname{tg} f_e$$

или, принимая $\cos f_e = 1$, $u_e = k + z\ \operatorname{tg} f_e$. (8)

Подобным же образом для f_i и u_i получили бы:

$$\sin f_i = \frac{s-k}{q}; u_i = k - z \operatorname{tg} f_i \tag{9}$$

За небольшие промежутки времени движение проекции A точки Z на главной плоскости можно считать почти прямолинейным и равномерным; так. обр. минутные изменения x' и y' величин x и y являются почти постоянными и могут быть вычислены по формулам:

$$x' = \frac{x_1 - x_2}{t_1 - t_2};\ y' = \frac{y_1 - y_2}{t_1 - t_2},$$

где t_1 и t_2 моменты времени, причем $t_1 - t_2$ выражено в минутах, а x_1, x_2, y_1, y_2 соответствующие этим моментам величины x и y.

---

*) Для величин $(s+k)$ и $(s-k)$ можно принять постоянные значения: $\lg\ (s+k) = 2.03870$, $\lg\ (s-k) = 2.03655$, если будем считать по *Auwers'y* угловой радиус Солнца на среднем расстоянии равным $15' 59''.63$, а $\pi' = 8''.80$.

Координаты ξ, η, ζ данного места (формулы 1) получаются простой заменой в формулах (4) величин $R=\frac{1}{\sin\pi}$, $(\alpha - a)$ и δ соответственно чрез ρ, t и φ'. Действительно, если вместо лунной сферы (черт. 44) представим себе сферу, проведенную чрез данное место M и заменим точку L чрез M, то ясно, что вместо x, y, z будем иметь ξ, η, ζ; R заменится чрез ρ, угол $(\alpha - a)$ чрез угол t и δ чрез φ'. Угол i обратится тогда в параллактический угол γ, причем очевидно

$$\operatorname{tg}\gamma=\frac{\xi}{\eta}.$$

Теперь определим скорости изменения координат ξ, η, ζ, для чего возьмем производные по времени $\frac{d\xi}{dt}$, $\frac{d\eta}{dt}$, $\frac{d\zeta}{dt}$. В формулах (1) только $(\lambda+\mu)$ меняется со временем; угол d изменяется медленно и может считаться постоянным. Чтобы можно было взять производные, нужно $\lambda+\mu$ перевести в радианы и в минуты времени. Если предположить, что $\lambda+\mu$ выражены в минутах дуги, то в радианах это будет $\frac{\pi\ (\lambda+\mu)}{180.60}$. Минута среднего времени соответствует $15'\ 0''.081=15'.00135$*), поэтому

$$\lambda+\mu=15'.00135\,t,$$

где t выражено в минутах.

Так. обр. координата ξ выразится явно в функции времени так:

$$\xi=\rho\ \cos\varphi'\ \sin\frac{\pi\,.\,15.00135\,t}{180.60}=\rho\cos\varphi'\sin\ (ct);$$

отсюда
$$\frac{d\xi}{dt}=\xi'=c\rho\cos\varphi'\cos\ (ct)$$

Здесь
$$c=\frac{\pi\,.\,15.00135}{180.60}\text{ и }\lg c=7.63986$$

---

*) Здесь мы принимаем среднее значение для изменения часового угла μ точки Z

Окончательно для минутной скорости найдем формулы:

$$\frac{d\xi}{dt} = \xi' = [7.63986]\ \rho \cos \varphi' \ (\lambda + \mu)$$

$$\frac{d\eta}{dt} = \eta' = [7.63986]\ \xi \sin d$$

$$\frac{d\zeta}{dt} = \zeta' = -[7.63986]\ \xi \cos d$$

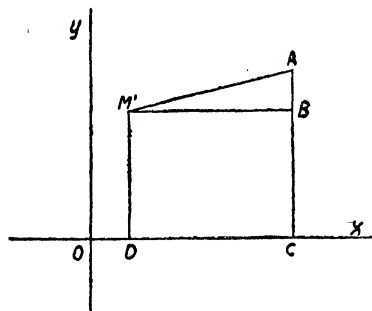
Для примера вычислим величины x, y, z, $\sin d$, $\cos d$, для 7 ч. ср. Гр. вр. во время затмения 29 июня 1927. Пользуясь элементами затмения (см. конец статьи) находим для 7 ч.:

$A = 6$ ч. 28 м. 30.42 с $= 97^\circ 7' 36''.3$; $\alpha = 6$ ч. 29 м. 45.93 с. $= 97^\circ 26' 29''.0$; $\alpha - A = 18' 52''.7$

$D = +23^\circ 17' 13''.4$; $\delta = +24^\circ 5' 17.1''$; $\delta - D = 48' 3''.7$.

По формулам (5), (6) и (4) находим: $A - a = +2''.8$; $D - d = +7''.2$; $a = 97^\circ 7' 33''.5$; $\alpha - a = +18' 55''.5$; $d = +23^\circ 17' 6''.2$; $\sin d = 9.59693$; $\cos d = 9.96310$; $x = +0.2982$; $y = +0.8315$; $z = +59.323$.

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ТЕОРИИ ЗАТМЕНИЙ. Пусть YOX (черт. 46) — главная плоскость; A — точка встречи оси тени с главной плоскостью. Тогда $OC = x$ и $CA = y$. Если M_1 будет проекция данного места на главной плоскости, то $OD = \xi$ и $DM_1 = \eta$; следов. $DC = x - \xi$, $BA = y - \eta$, а потому $(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 = AM^2 = \Delta^2$ (10).



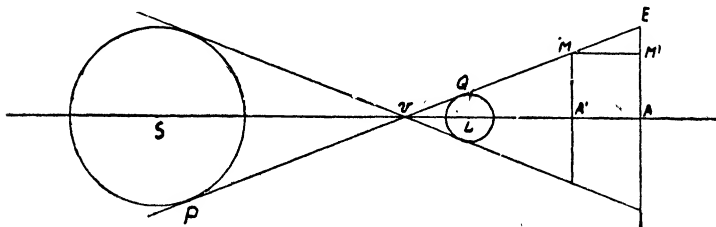
Черт. 46.

Здесь Δ есть кратчайшее расстояние данного места от оси конуса тени, ибо на плоскости параллельной главной и проходящей чрез место M наблюдения, которую далее, для краткости, будем называть *плоскостью места* M, расстояние $MA_1 = AM_1$, так как A_1A и MM_1 суть общие

перпендикуляры и к главной плоскости и к плоскости места. Здесь точка A_1 есть пересечение плоскости места с осью тени.

Уравнение (10) рассматривается как *основное* в теории затмений Солнца и, как видно из предыдущего, оно одинаково справедливо как для главной плоскости, так и для плоскости места M.

УСЛОВИЕ НАЧАЛА ИЛИ КОНЦА ЧАСТНОГО ЗАТМЕНИЯ. Пусть S и L (черт. 47) суть центры Солнца и Луны. SVA есть ось конуса полутени, совпадающая с плоскостью



Черт. 47.

чертежа, а V — вершина конуса. M — данное место, лежащее в плоскости чертежа, MA_1 — сечение плоскости чертежа с плоскостью места и EM_1A — сечение плоскости чертежа с главной плоскостью, M_1 — проекция места на главной плоскости, PVQ — образующая конуса полутени. AE — радиус u_e полутени на главной плоскости, а A_1M — радиус l_e полутени на плоскости места. Из треугольника EMM_1 следует, что $EM_1 = MM_1 \operatorname{tg} EMM_1 = MM_1 \operatorname{tg} EVA = \zeta \operatorname{tg} f_e$. Отсюда

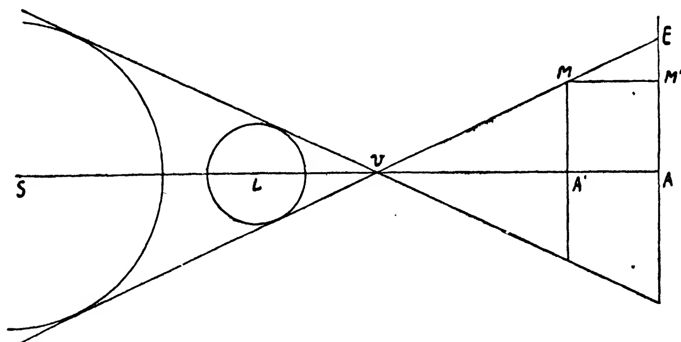
$$l_e = u_e - \zeta \operatorname{tg} f_e \qquad (11)$$

Так как точка M взята на образующей VE конуса полутени, то из точки M, лежащей на поверхности конуса, наблюдатель увидит либо начало, либо конец частного затмения. Подставив вместо Δ величину l_e в урав. (10), найдем выражение:

$$(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 = (u_e - \zeta \operatorname{tg} f_e)^2 \qquad (12)$$

которое будет условием начала или конца *частного* затмения в данном месте.

УСЛОВИЕ НАЧАЛА ИЛИ КОНЦА КОЛЬЦЕОБРАЗНОГО ЗАТМЕНИЯ. Пусть плоскость чертежа (48) проходит чрез данное место M и чрез ось SLV конуса тени. MA_1 и EA суть сечения плоскости чертежа с плоскостью места и



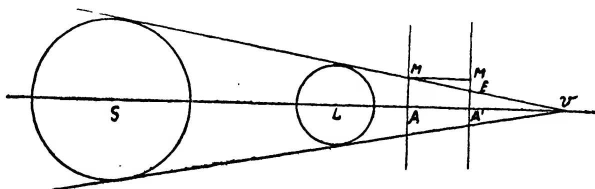
Черт. 48.

главной плоскостью. Наблюдатель из точки M, лежащей на продолжении образующей конуса тени, увидит начало или конец кольцеобразного затмения. Подобно предыдущему $MA_1 = EA - MM_1 \operatorname{tg} f_i = u_i - \zeta \operatorname{tg} f_i$, где f_i есть угол EVA. Отсюда получим уравнение

$$(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 = (u_i - \zeta \operatorname{tg} f_i)^2 \qquad (13),$$

которое будет *условием начала или конца кольцеобразного затмения* в данном месте.

УСЛОВИЕ НАЧАЛА ИЛИ КОНЦА ПОЛНОГО ЗАТМЕНИЯ. Пусть плоскость чертежа 49 проходит чрез данное на



Черт. 49.

земной поверхности место M и чрез ось SLV конуса тени. MA_1 есть радиус тени на плоскости места и EA — радиус

тени на главной плоскости. В этом случае считают (для общности формул) оба упомянутые радиуса величинами отрицательными и след. количества $(-MA_1)$ и $(-EA)$ положительными.

Подобно предыдущему находим:
$(-MA_1)=(-EA)+MM_1 \operatorname{tg} f_i$ или $(-l^i)=(-u_i)+\zeta \operatorname{tg} f^i$, откуда

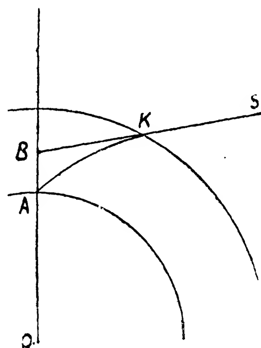
$$l_i = u_i - \zeta \operatorname{tg} f_i \text{ , где } f_i \text{ есть угол } EVA.$$

По подстановке в ур. (4) найдем выражение

$$(x-\xi)^2+(y-\eta)^2=(u_i-\zeta \operatorname{tg} f_i)^2 \qquad (14),$$

которое будет *условием начала или конца полного затмения.*

О ВЛИЯНИИ РЕФРАКЦИИ. Существование земной атмосферы искажает геометрическое рассмотрение вопроса о солнечных затмениях, т. к. луч света SA (черт. 50), идущий от точки S солнечного диска и совпадающий до вхождения его в точке K в земную атмосферу с образущей конуса тени или полутени, отклоняется от прямой линии за время своего движения в земной атмосфере. Чтобы избегнуть влияния этого искажения употребляется след. прием (впервые предложенный Бесселем).



Черт. 50.

Если бы не существовало земной атмосферы, то луч света SK, идя по прямой линии, пересек бы внешнюю нормаль (или приблизительно радиус OA Земли в данном месте A) в точке B. Очевидно, что наблюдатель, находящийся в этой точке, заметил бы начало или конец затмения в тот же момент, как и наблюдатель, находящийся в точке A при условии существования атмосферы. След., если ввести в формулах затмения точку B вместо точки A, то влияние преломления будет вполне принято во внимание, и мы устраним причину, искажающую геометрический ход явления. Бессель показал, что для достижени‹я› вышеупомянутой замены необходимо и достаточно умно-

жить радиус ρ данного места на некоторый множитель, немногим больший единицы и зависящий от видимой высоты точки Z над горизонтом данного места A.

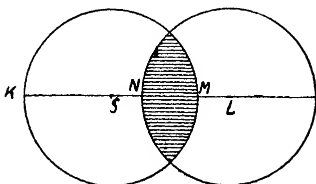
Таблица поправок $\lg \rho$ от влияния рефракции в единицах пятого знака логарифма следующая:

lg cos z	поправка	lg cos z	поправка	lg cos z	поправка
9,3	0	8,4	+ 5	7,5—6,1	+ 10
9,2 — 9,0	+ 1	8,3	6	6,1—7,6n	11
8,9 — 8,8	2	8,2 — 8,1	7	7,6n—7,8n	12
8,7	3	8,0 — 7,9	8	7,9n	13
8,6 — 8,5	4	7,8 — 7,6	9	8,0n и менее	14

В этой таблице за аргумент берется $\lg \cos z$, где z истинное зенитное расстояние точки Z; при вычислении затмения в данном месте можно вместо $\lg \cos z$ брать $\lg \zeta$, что приближенно то же самое.

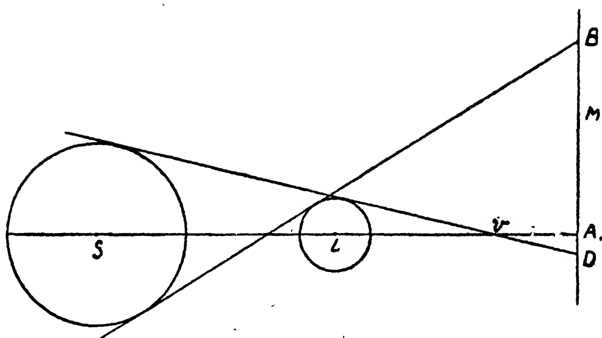
Пример. Дано $\lg \rho = 9.99900$; положим, что при вычислении получена величина $\zeta = +0.0398$; тогда $\lg \zeta = 8.59988$, и след. $\lg \rho$ надо увеличить на 4 единицы пятого знака; получим $\lg \rho = 9.99904$.

ВЕЛИЧИНА ПОКРЫТИЯ СОЛНЕЧНОГО ДИСКА. Величина покрытия солнечного диска выражается дробью $g = \frac{MN}{MK}$, равной отношению покрытой Луною части (черт. 51) MN диаметра MK ко всему диаметру Солнца. Эта дробь весьма точно равна другой дроби $\frac{BM}{BD}$ (черт. 52), показывающей отношение меры величины погружения BM данного места M в конус полутени к ширине BD пятна полутени.



Черт. 51.

Легко видеть, что $BM = BA_1 - MA_1 = l_e - \Delta$; $BD = BA_1 - DA_1 = l_e + l_i$ (так как l_i принимается отрицательным, когда конус тени прорезывает плоскость места).

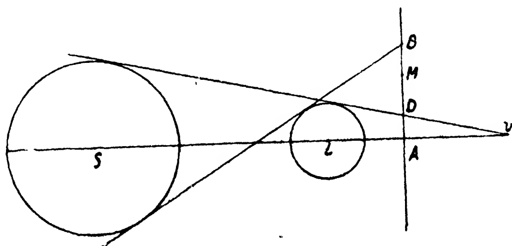


Черт. 52.

Таким образом величина отношения $\frac{MN}{MK} = g$ выразится формулой:

$$g = \frac{l_e - \Delta}{l_e + l_i} \qquad (15).$$

Из этой формулы видно, что при $\Delta = l_e$, т. е. при наначале или при конце частного затмения $g = 0$. Если точка M совпадает с точкою D, то $g = 1$, что служит характеристикой начала или конца полного затмения. Если бы M совпадала с точкою A_1, то дробь $g = \frac{l_e}{l_e + l_i}$ будет > 1, так как знаменатель менее l_e. Если эта дробь, напр., равна 1.08, то это покажет, что из данного места усматривалось бы полное центральное затмение даже тогда, когда диаметр Солнца увеличился бы сравнительно с действительным в 1.08 раза.



Черт. 53.

Формула (15) имеет место и в случае кольцеобразного затмения (черт. 53). Здесь дробь $g = \frac{MB}{BD} = \frac{l_e - \Delta}{l_e + l_i}$; но так как l_i в этом случае положительно, то даже в случае $\Delta = 0$, т. е. когда место M лежит на оси конуса тени, дробь $g = \frac{l_e}{l_e + l_i}$ будет менее единицы. Следовательно во всех случаях

$$g = \frac{l_e - \Delta}{l_e + l_i}$$

В случае частного затмения величина g будет наибольшей (наибольшая фаза), когда Δ примет наименьшее значение.

ВЫЧИСЛЕНИЕ МОМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ФАЗ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ. Вычисление моментов различных фаз солнечного затмения достигается путем последовательных приближений, причем за отправное (исходное) время принимают какой-нибудь определенный момент T ср. Гр. вр., если таблица элементов составлена для Гр. меридиана. Исходные моменты близкие к моментам фаз всего удобнее получить по карте затмения или вычислить по способу Ковальского. Можно также за исходный момент принять время геоцентрического соединения Луны и Солнца в прямом восхождении.

Если обозначим чрез $T + \tau$ момент какой-нибудь фазы затмения, то формулы (12), (13), (14) примут вид:

$$[(x - \xi) + (x' - \xi')\tau]^2 + [(y - \eta) + (y' - \eta')\tau]^2 = l^2 \quad (16),$$

где l есть $u_e - \zeta \operatorname{tg} f_e$ в случае частного затмения и $u_i - \zeta \operatorname{tg} f_i$ в случае полного или кольцеобразного затмения, а x, y, ξ, η, ζ координаты, соответствующие моменту T. Из этого ур-ия неизвестное τ (в минутах времени) определится след. образом. Вычислив по формулам (1) величины ξ, η, ζ, ξ' и η', полагаем $x - \xi = m \sin M$, $y - \eta = m \cos M$, $x' - \xi' = n \sin N$, $y' - \eta' = n \cos N$ и находим углы M и N, а также логарифмы величин m и n. Квадран-

ты углов M и N определяются по знакам sin и cos; m и n всегда положительные. Тогда урав. (16) обратится в

$$(m \sin M + \tau n \sin N)^2 + (m \cos M + \tau n \cos N)^2 = l^2$$

$$\text{или } m^2 + \tau^2 n^2 + 2\tau nm \cos (N - M) = l^2$$

$$\text{откуда } \tau n = -m \cos (N - M) \pm \sqrt{m^2 \cos^2 (N - M) - m^2 + l^2}$$

$$\text{Полагая } \frac{m}{l} \sin (N - M) = \sin \psi \qquad (17)$$

и разделив обе части на n, найдем:

$$\tau = -\frac{m}{n} \cos (N - M) \pm \frac{l}{n} \cos \psi$$

В конце затмения угол $\psi < 90^0$, в начале затмения $\psi > 90^0$. При этом условии двойственность знаков в предыдущей формуле исчезает и она получает вид

$$\tau = -\frac{m}{n} \cos (N - M) + \frac{l}{n} \cos \psi \qquad (18),$$

где для начала $\cos \psi < 0$ и для конца $\cos \psi > 0$. Знак $\sin \psi$ одинаков со знаком $\sin (N - M)$ *).

Вынеся здесь за скобки $-\frac{m}{n}$ и заменив $\frac{l}{m}$ чрез $\frac{\sin (N - M)}{\sin \psi}$ из уравнения (17), найдем более удобную для вычисления формулу:

$$\tau = -\frac{m}{n} \cdot \frac{\sin [\psi - (N - M)]}{\sin \psi} \qquad (19)$$

В момент наибольшей фазы ψ равно $\pm 90^0$, смотря потому, лежит ли данное место к югу или к северу от линии центрального затмения и тогда имеем:

$$\tau = -\frac{m}{n} \cos (N - M) \qquad (20)$$

---

*) При полном и кольцеобразном затмении для 1 и 2 внутр. прикосновения будет соответственно $\cos \psi < 0$ и $\cos \psi > 0$. Если для внутр. прикосновений получится $\sin \psi > 1$, то в данном месте затмение полным быть не может.

Найдя приближенные моменты фаз, принимаем их за исходные и вновь повторяем вычисления для каждой фазы отдельно.

Положения видимых из данного места точек прикосновения лунного и солнечного дисков определяются их угловыми расстояниями P (по солнечному диску) от линии, проходящей чрез центр Солнца и направленной на сев. полюс. Углы считаются в направлении противоположном движению часовой стрелки и определяются по формуле

$$P = N - \psi \qquad (21)$$

Если желают определить угол Z от линии, направленной в зенит данного места, то из угла P вычитают угол γ, который вычисляется из равенства:

$$tg\gamma = \frac{\xi}{\eta}, \quad Z = P - \gamma \qquad (22)$$

Здесь ξ и η должны, конечно, соответствовать моменту фазы. Для вычисления величины g наибольшей фазы применяется формула (15), где Δ заменяется величиной m соответствующей моменту фазы *); также можно пользоваться формулой

$$g = \frac{l_e - m}{2l_e - 0.5460} \qquad (23),$$

которая употребляется в случае частного затмения, когда в таблице элементов не показаны величины u_i и $tg f_i$.

Пример. Вычислим для Н.-Новгорода моменты различных фаз частного затмения 29 июня 1927. Географические координаты места (Кремль) будут $\varphi = 56^0 19' 44''$; $\lambda = 2$ ч. 56 м. 1 с. $= 44^0\ 0'\ 15''$.

По формулам (3) находим: $lg\rho \sin\varphi' = 9.91834$, $lg\rho\cos\varphi' = 9.74486$.

---

*) Если заменить Δ чрез $m \sin(N - M)$, то не нужно m вычислять строго для момента наиб. фазы.

За отправное время принимаем приближенные моменты фаз, найденные по карте затмения, а именно: начало 4 ч. 25 м., наиб. фаза 5 ч. 35 м., конец 6 ч. 45 м. ср. Гр. вр.

Вычисления располагаются след. образом:

	4 ч. 25 м. начало.		6 ч. 45 м. конец.		5 ч. 35 м. наиб. фаза.	
$x =$	—,1.1185		+ 0.1611		— 0.4787	
$y =$	+0.7610		+ 0.8249		+ 0.7932	
$\lg \sin d =$	9.59702		9.59694		9.59698	
$\lg \cos d =$	9.96309		9.96310		9.96309	
$u_e =$	+0.5448		+ 0.5451		+ 0.5450	
$\mu =$	245°29′5		280°29′.4		262°59′.5	
$t =$	289°29′7		324°29′.6		306°59′.7	
$\rho \cos \varphi'$	9.74486		8.74486		9.74486	
$\sin$	9.97436n		9.76402n		9.90238n	
	9.71922n		9.50888n		9,64724n	
$\xi =$	—0.5239		—0.3228		—0.4439	
$\rho \sin \varphi'$	9.91834		9.91834		9.91834	
$\cos d$	9.96309		9.96310		9.96309	
	9.88143	+0.7611	9.88144	+0.7611	9.88143	+0.7611
$\rho \cos \varphi'$	9.74486		9.74486		9.74486	
$\sin d$	9.59702		9.59694		9.59698	
$\cos t$	9.52339		9.91065		9.77941	
	8.86527	+0.0733	9.25245	+0.1788	9.12125	+0.1322
$\eta =$	+0.6878		+0.5823		+0.6289	
$\rho \sin \varphi'$	9.91834		9.91834		9.91834	
$\sin d$	9.59702		9.59694		9.59698	
	9.51536	+0.3276	9.51528	+0.3276	9.51532	+0.3276

	4 ч. 25 м. начало.	6 ч. 45 м' конец.	5 ч. 35 м. наиб. фаза.
$\rho \cos \varphi'$ $\cos d$ $\cos t$	9.74486 9.96309 9.52339	9.74486 9.96310 9.91065	9.74486 9.96309 9.77941
	9.23134 +0.1704	9.61861 +[illegible]5	9.48736 +0.3 072
$\zeta =$	+0.4980	+0.7431	+0.6348
$\rho \cos \varphi' \cos t$ dt	9.26825 7.63986	9.65551 7.63986	9.52427 7.63986
ξ'	6.90811 +0.00081	7.29537 +0.00197	7.16413 +0.00146
ξ $\sin d$ dt	9.71922*n* 9.59702 7.63986	9.50888*n* 9.59694 7.63986	9,64724*n* 9.59698 7.63986
η'	6.95610*n* —0.00090	6.74568*n* —0.00056	6.88408*n* —0.00077
$\lg l_e =$	9.73440	9.73376	$l_e = +\ 0.5421$
$x - \xi =$ $y - \eta =$ $x' - \xi' =$ $y' - \eta' =$	—0.5946 +0.0732 +0.00833 +0.00137	+0.4839 +0.2426 +0.00717 +0.00101	—0.0348 +0.1643 +0.00768 +0.00122
$x - \xi$ $y - \eta$	9.77422*n* 1.13549	9.68476 0.61511	8.54158*n* 0.78436
$\operatorname{tg} M$ $M =$	0.90971*n* 277°1′	0.29987 63° 22′	9.32594*n* 348° 2′
$x - \xi$ $\sin M$	9.77422*n* 0.00326*n*	9.68476 0.04871	8.54158*n* 0,68331*n*
m	9.77748	9.73347	9.22489
$x' - \xi'$ $y' - \eta'$	7.92065 2.86329	7.85552 2.99568	7.88536 2.91364

	4 ч. 25 м. начало.	6 ч. 45 м. конец.	5 ч. 35 м. наиб. фаза.	
tg N $N=$	0.78394 80°40′	0.85120 81°59′	0.79900 80°58′	
$x'-\xi'$ sin N	7.92065 0.00579	7.85552 0.00426	7.88536 0.00542	
n	7.92644	7.85978	7.89078	
$N-M$	163°39′	18°37′	92°56′	
m l_e sin (N-M)	9.77748 0.26560 9.44948	9.73347 0.26624 9.50411	m n cos(N-M)	9.22489 2.10922 8.70905n
sin ψ $\psi=$	9 49256 161°53′	9.50382 18°36′	τ $\tau=$	0.04316 +1. 10 м.
m n sin ψ sin [ψ — (N—M)]	9.77748 2.07356 0.50744 8.48896n	9.73347 2.14022 0.49618 6.46373n	$T=$ $g=\frac{0.3743}{0.5382}=0.6953$	5ч.36.10м.
τ $\tau=$	0.84744 +7 м, 04	8.83360 +0 м, 07		
$T=$	4 ч 32 м, 04	6ч 45 м, 07		
$P=N-\psi=$ $\gamma=$	278° 47′ —37° 18′	63° 23′ —29° 00′		
$Z=$	316° 05′	92° 23′		

Второе приближение с 5 знаками и более точным значением углов внесло бы незначительные поправки. Так для начала затмения получили бы 4 ч. 32.05 м. при $\zeta = 0.5127$.

B. ПРЕДВЫЧИСЛЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ЛУНОЮ ЗВЕЗД ДЛЯ ДАННОГО МЕСТА.

Моменты исчезания и появления звезды при покрытии ее Луною вычисляются таким же образом, как начало или конец частного солнечного затмения.

В астр. календарях приводятся элементы для каждого покрытия. Здесь элементы даются для момента T_0 ср. Гр. вр. геоцентрического соединения Луны и звезды по прямому восхождению. Для этого момента координата $x = 0$. Координата y имеет то же значение, как и в солн. затмениях. Величины x' и y' здесь означают часовые изменения координат x и y. H есть часовой угол звезды и D ее склонение в момент T_0 *). Величины u_e и u_i заменяются величиною k (радиус Луны) равной 0.27227 ($\lg k = 9.43501$), т. к. по причине большой удаленности звезды конусы тени и полутени обращаются в один общий цилиндр тени, радиус которого есть k. Склонение и часовой угол точки Z, обозначенные в теории затмений чрез d и μ, в теории покрытий соответствуют склонению звезды D и ее часовому углу H. Количества f_e и f_i должны здесь приниматься равными нулю.

Таким образом условие начала и конца покрытия примет вид:

$$(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 = k^2 \qquad (24)$$

Вычисление координат x, y, ξ, η и ζ и *часовых* изменений ξ', η' производится по формулам:

$$x = x'(T - T_0); \quad y = y_0 + y'\ (T - T_0)$$

$$\left.\begin{aligned} \xi &= \rho \cos\varphi' \cos t \\ \eta &= \rho \sin\varphi' \cos D - \rho\cos\varphi' \sin D \cos t \\ \zeta &= \rho\cos\varphi' \sin D + \rho\cos\varphi' \cos D \cos t \end{aligned}\right\} \qquad (25)$$

$$\left.\begin{aligned} \xi' &= (9.41916)\ \rho\cos\varphi' \cos t \\ \eta' &= (9.41916)\ \xi \sin D \end{aligned}\right\} \qquad (26)$$

---

*) При вычислении часового угла звезды для какого-либо другого момента T, следует к данной величине H прибавить величину $15^\circ.041\ (T - T_0)$. Здесь $T - T_0$ выражено в часах.

где t означает часовой угол звезды для данного места, т. е. $t = H + \lambda$, а (9.41916) — логарифм постоянного (час звездн. времени, выраженный в среднем времени и превращенный в дугу).

Дальнейшее вычисление производится так же, как и в случае солнечных затмений.

Если чрез $T + \tau$ обозначим момент начала или конца покрытия (T есть исходный момент), то будем иметь:

$$[(x - \xi) + (x' - y')\tau]^2 + [(y - \eta) + (y' - \eta')\tau]^2 = k^2$$

Полагая $x - \xi = m \sin M$, $y - \eta = m \cos M, x' - \xi' = n \sin N$, $y' - \eta' = n \cos N$, найдем M, m, N, n, $N - M$. Далее

$$\frac{m}{k} \sin\ (N - M) = \sin \psi$$

$$\tau = - \frac{m}{n} \frac{\sin[\psi - (N - M)]}{\sin\ \psi}$$

Квадранты углов M, N, ψ определяются так же, как и в солнечных затмениях.

Найдя приближенные моменты начала и конца покрытия, повторяем вычисление для каждого момента отдельно.

Углы положения звезды (на лунном диске) определяются по формулам:

$$P = N - \psi + 180^0$$
$$Z = P - \gamma$$

Пример. Вычислим начало и конец покрытия η Близнецов 16 января 1927 для Москвы ($\varphi = 45^0 45'.3$; $\lambda = 37^0 34'.2$; $lg\, \rho \sin \varphi' = 9.91539$; $lg\, \rho \cos \varphi' = 9.75130$).

Из Календаря выписываем: $T_0 = 0$ ч. 27.2 м.; $H = + 1$ ч. 54.5 м. $= + 28^0 37'.5$; $D = + 22^0 32'$; $x' = + 0.5727$; $y' = + 0.0421$; $y_0 = + 0.4842$. Приближенные (исходные) моменты для начала и конца находим по способу Ковальского: $T_н = 1$ ч. 4 м; $T_k = 1$ ч. 46 м. ср. Гр. вр. Далее вычисляем $T_н - T_0 = + 0.6133$; $T_к - T_0 = + 1.3133$; находим координаты x, y и соответствующие часовые углы; величины ξ, η, ξ', η' вычисляем по схеме, указанной в примере затмения.

T	1 ч. 4 м.	1 ч. 46 м.	T	1 ч. 4 м.	1 ч. 46 м.
x	+ 0.3512	+ 0.7521	$y'-\eta'$	— 0.0128	— 0.0145
y	+ 0.5100	+ 0.5395	M	224° 51′	137° 18′
$\sin D$	9.58345	9.58345	m	9.44102	9.44628
$\cos D$	9.96551	9.96551	N	91° 32′	91° 29′
H	37° 51′	48° 23′	n	9.72880	9.75004
t	75° 25′	85° 57′	$N-M$	— 133° 19′	— 45° 49′
ξ	+ 0.5459	+ 0.5626	ψ	— 132° 28′	— 47° 23′
η	+ 0.7057	+ 0.7448	τ	+ 0.0104 ч.	—0.0185 ч.
ξ'	+ 0.0373	+ 0.0105	T	1 ч. 4.6 м.	1 ч. 44.9 м.
η'	+ 0 0549	+ 0.0566	P	44° 0′	318° 52′
$x-\xi$	— 0.1947	+ 0.1895	γ	+ 37° 18′	+ 37° 4′
$y-\eta$	— 0.1957	— 0.2053	Z	6° 42′	281° 48′
$x'-\xi'$	+ 0.5354	+ 0.5622			

С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТОЧЕК И КРИВЫХ ЛИНИЙ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ДАННОМУ СОЛНЕЧНОМУ ЗАТМЕНИЮ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ИЗОХРОН. При вычислении изохрон, т. е. линий, соединяющих те точки земной поверхности, из которых начало или конец частного затмения усматривается в один и тот же физический момент, мы будем пользоваться основными уравнениями затмений, принимая ζ произвольным при некотором определенном моменте T ср. Гр. вр.

$$\left.\begin{aligned}(x-\xi)^2+(y-\eta)^2=(u_e-\zeta\, tg\, f_e)^2=l_e^{\,2}\\ \xi^2+\eta^2=\rho^2-\zeta^2=q^2\end{aligned}\right\}\quad(27)$$

Происхождение 2 ур-ия будет понятно, если вспомним, что ξ, η и ζ представляют собою координаты данного места, которому соответствует радиус ρ земли. Для момента T величины x, y, $lg \sin d$, $lg \cos d$, u_e, μ, $tg\, f_e$ будут известны. Взяв произвольное значение для ζ (начиная от $\zeta=0$, $\zeta=0{,}1$ и т. д.), мы можем из указанных выше уравнений найти ξ и η, причем для 1 приближения примем $\rho=1$.

Положим $x = m \sin M, y = m \cos M, \xi = q \sin N, \eta = q \cos N,$ тогда

$$\cos(M - N) = \frac{m^2 + q^2 - l_e^2}{2\ mq} \text{ или}$$

$$\sin {}^1/_2 (M - N) = \pm \sqrt{\frac{(l_e - m + q)\ (l_e + m - q)}{4mq}} \qquad (28)$$

Здесь для $(M - N)$, а следов. и для N будем иметь два значения. Определив величину N, найдем ξ и η.

Далее из формул:

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{ctg} t &= \frac{\zeta \cos d - \eta \sin d}{\xi} \\ \operatorname{tg} \varphi' &= \frac{\sin t}{\xi} (\zeta \sin d + \eta \cos d) \end{aligned}\right\} \qquad (29)$$

находим t и φ'. Эти формулы получаются преобразованием ур-ия (1).

Географическая широта φ данного места и его долгота λ вычисляются из выражений

$$tg\,\varphi = (0.00293)\ tg\,\varphi',\ \lambda = t - \mu \qquad (30)$$

Получив приближенное значение величины φ', мы найдем соответствующий радиус ρ по формуле:

$$\rho = 1 - (7.52724)\ \sin^2 \varphi' \qquad (31)$$

С этой величиной радиуса повторяем все вычисления сначала, после чего находим более точные значения φ и λ. Взяв другое значение для ζ при том же моменте T, определим две другие точки изохроны и т. д.

На карте изохроны вообще имеют вид неправильных овалов, иногда разомкнутых, причем восточная сторона овала (начиная от точки касания овала к сев. или южн. границе затмения) относится к началу затмения, а западная — к концу затмения *).

---

*) Изохроны получаются также при вычислении изогон, если станем соединять точки последних при разных углах P или Z для одного и того же момента T.

Пример. Вычислим точки изохроны начала или конца частного затмения 29 июня 1927 для $T = 4$ ч. 32.05 м. при $\zeta = 0.5127$.

По таблице элементов находим:

$x = -1.0540$, $y = +0.7643$, $\lg \sin d = 9.59702$, $\lg \cos d = 9.96309$, $u_e = +0.5448$, $\mu = 247^0\,15'.2$, $\lg \operatorname{tg} f_e = 7.66265$.

Далее находим вычислением:

$q = +0.8586$, $l_e = +0.5424$, $M = 305^0 57'$, $m = 1.3020$, $M - N = \pm 17^0\,0'$, $N = 288^0 57'$ или $322^0 57'$. Приняв для N второе значение, будем иметь $\xi = -0.5173$, $\eta = +0.6852$, $t = 291^0 8'$, $\varphi' = 56^0 19'$.

Зная приближенно φ', находим $\rho = 0.9977$; тогда $q = +0.8559$, $M - N = -16^0 48'$, $N = 322^0 45'$, $\xi = -0.5181$, $\eta = +0.6813$, $t = 291^0 15'.2$, $\varphi' = +56^0 8'.5$, $\varphi = +56^0 19'.2$, $\lambda = +44^0 0'$, что соответствует положению Н.-Новгорода. Некоторая неточность об'ясняется тем, что вычисления произведены с 4 десят. знаками.

Приняв для $M - N$ и для N другое значение (для $M - N$ со знаком $+$), найдем вторую точку изохроны: $\varphi = +27^0 31'$, $\lambda = +46^0 42'$, где в момент T случится также начало затмения.

КРИВЫЕ НАЧАЛА И КОНЦА ЧАСТНОГО ЗАТМЕНИЯ ПРИ ВОСХОДЕ ИЛИ ЗАХОДЕ СОЛНЦА. Эти кривые вообще имеют вид неправильных овалов и показывают на карте восточные и западные границы затмения. При вычислении точек кривых пользуются также уравнениями (27), причем ζ можно считать равным нулю. Тогда для разных моментов T, T' T''... ср. Гр. вр. будут найдены соответствующие точки. Все вычисления производятся таким же образом, как и для изохрон.

НАЧАЛО И КОНЕЦ ЧАСТНОГО ЗАТМЕНИЯ НА ЗЕМЛЕ ВООБЩЕ. Урав. (27) являются уравнениями двух окружностей радиусов l_e и q. Момент внешнего касания этих окружностей будет моментом начала или конца частного затмения на Земле вообще. Тогда расстояние центров окружностей равно $u_e + \rho$ (так как $\zeta = 0$) и след. $x^2 + y^2 = (u_e + \rho)^2$.

Если x_0 и y_0 будут координаты центра лунной полутени на плоскости места в некоторый определенный момент T_0, а $T_0+\tau$ есть момент касания окружностей, то

$$(x_0+\tau x')^2+(y_0+\tau y')^2=(u_e+\rho)^2=L^2 \qquad (32)$$

отсюда легко определить τ.

Полагаем $x_0=a\sin A$, $y_0=a\cos A$, $x'=b\sin B$, $y'=b\cos B$

$$\sin\omega=\frac{a}{L}\sin(A-B)$$

$$\tau=-\frac{a}{b}\frac{\sin[\omega-(A-B)]}{\sin\omega}$$

Координаты ξ и η тех мест, где начало или конец затмения произойдет в момент $T_0+\tau$ определятся из урав. (27) при $\zeta=0$. Для этого момента будет $M-N=0$, т. к. две точки пересечения окружностей сливаются в одну Тогда получим

$$\xi=\rho\sin M,\ \eta=\rho\cos M,\ \operatorname{ctg} t=-\frac{\eta\sin d}{\xi}, \operatorname{tg}\varphi'=\frac{\eta\sin t\cos d}{\xi}$$

При первом приближении принимают $\rho=1$.

Пример. Определим момент начала и конца частного затмения 29 июня 27 на Земле вообще.

За исходное время возьмем $T_0=4$ ч. 0 м. ср. Гр. вр., имеем: $x_0=-1.3469$, $y_0=+0.7494$, $x'=+0.00914$, $y'=+0.00047$, $L=u_e+\rho=1.5447$, $A=299^0 5'$, $\lg a=0.18787$, $B=87^0 3'$, $\lg b=7.96153$, $\omega=211^0 57'$ для начала и $\omega=328^0 3'$ для конца, $\tau=-0.46$ м. для начала и $+286.96$ м. и для конца. Так обр. начало произойдет в 3 ч. 59.5 м. а конец в 8 ч. 46.0 м. Определив из таблицы элементов для первого из этих времен величины x, y, $\lg\sin d$, $\lg\cos d$, μ, найдем координаты ξ и η, а следов. t и φ':
$x=-1.3515$, $y=+0.7492$, $\lg\sin d=9.59704$, $\lg\cos d=9.96308$, $\mu=239^0 7'.0$ $M=299^0 0'$, $\lg\xi=9.94182\,n$, $\lg\eta=9.68557$, $t=257^0 38'$, $\varphi'=+26^0 26'.5$.

Для полученной широты будет $\rho = 0.9993$. С этой величиной ρ сделаем второе приближение, причем за исходный момент возьмем $T_0 = 3$ ч. 59.5 м. Будем иметь $x = -1.3515$, $y = +0.7492$, $x' = +0.00914$, $y' = +0.00047$, $L = 1.5440$, $A = 299^0 0'$, $\lg a = 0.18900$, $B = 87^0 3'$, $\lg b = 7.96153$, $\omega = 211^0 59'$, $\tau = +0.19$ м.

Так. обр. начало затмения на Земле вообще произойдет в 3 ч. 59.7 м. ср. Гр. вр. Найдя для этого момента x, y, $\lg \sin d$, $\lg \cos d$, μ, определим λ и φ: $x = -1.3497$, $y = +0.7493$, $M = 299^0 2'.3$, $\lambda = +18^0 27'$, $\varphi = +26^0 38'$.

ИЗОФАЗЫ. Для вычисления изофаз, т. е. кривых, соединяющих те точки земной поверхности, из которых усматривается одна и та же наибольшая фаза затмения, воспользуемся формулами

$$(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 = m^2, \tag{33}$$

где $m = l_e (1 - g) - g l_i$ или $m = l_e (1 - 2g) + 0.5460 g$

$$\zeta^2 = \rho^2 - \xi^2 - \eta^2 \tag{34}$$

$$(x - \xi)(x' - \xi') + (y - \eta)(y' - \eta') = 0 \tag{35}$$

Последнее ур-ие получается дифференцированием ур. (33) в предположении, что m имеет минимум, а потому $\frac{dm}{dt} = 0$.

Пусть x, y, x', y', $\lg \sin d$, $\lg \cos d$, u_e, μ соответствуют какому-нибудь определенному моменту T ср. Гр. вр.

Полагаем $x - \xi = m \sin M$, $y - \eta = m \cos M$;

$$\operatorname{tg} M = \frac{x - \xi}{y - \eta} = -\frac{y' - \eta'}{x' - \xi'}$$

Для первого приближения примем ξ' и η' равными нулю; также вместо l_e возьмем u_e. Тогда $\operatorname{tg} M = -\frac{y'}{x'}$; здесь угол M будет иметь два значения. Определив M, найдем ξ и η. Далее,

приняв при первом приближении ρ за единицу, найдем ζ. Зная величины ξ, η и ζ, определим ξ' и η' по формулам:

$$\xi' = 7.63986\,(\zeta \cos d - \eta \sin d)$$
$$\eta' = 7.63986\,\xi \sin d$$

При 2 приближении находим точнее l_e, а следов. и m; затем вновь вычисляем угол M из уравнения:

$$\operatorname{tg} M = -\frac{y' - \eta'}{x' - \xi'}$$

и вновь получаем уже более точные величины ξ, η, ζ.

Определив теперь с этими величинами часовой угол t и геоцентрическую широту φ' по формулам (29), найдем радиус ρ.

Далее вновь вычисляем ξ', η', M и т. д. до тех пор, пока не будем получать одну и ту же величину для угла M, после чего окончательно находим t и φ', а следов. λ и φ.

Пример. Определить географич. координаты точки, из которой наиб. фаза 0.6953 затмения 29 июня 27 будет усматриваться в 5 ч. 36.1 м. ср. Гр. вр.

Для указанного момента имеем: $x = -0.4687$, $y = +0.7938$, $x' = +0.00914$, $y' = +0.00046$, $\lg \sin d = 9.59698$, $\lg \cos d = 9.96309$, $u_e = +0.5450$, $\mu = 263^\circ 16',0$

1 *приближение*. $\operatorname{tg} M = -\dfrac{y'}{x'}$. Здесь для M получаем два значения: $M = -2^\circ 53'$ и $M = 177^\circ 7'$, которые соответствуют двум точкам на одинаковых изофазах к югу и к северу от центральной линии затмения. Примем 1 значение $M = -2^\circ 53'$; тогда $m = 0.1667$, $x - \xi = -0.0084$, $y - \eta = +0.1665$, $\xi = -0.4603$, $\eta = +0.6273$, $\lg \zeta = 9.79808$, $\xi' = +0.00144$, $\eta' = -0.00079$.

2 *приближение*. $\operatorname{tg} M = -\dfrac{y' - \eta'}{x' - \xi'}$; $M = -9^\circ 13'$, $m = 0.1679$, $\xi = -0.4418$, $\eta = +0.6281$, $\lg \zeta = 9.80655$ $t = 307^\circ 35'$, $\varphi' = +56^\circ 7'$, $\rho = 0.9997$.

Далее находим более точно величины ζ, ξ', η':

$$\lg \zeta = 9.80410, \ \xi' = +0.00147, \ \eta' = -0.00076.$$

3 *приближение.* $M = -9^{0}2'$, $m = 0.1679$, $\xi = -0.4423$, $\eta = +0.6280$, $\lg \zeta = 9.80394$, $\xi' = +0.00147$, $\eta' = -0.00076$, $M = -9^{0}2'$.

Останавливаясь на этом, найдем $t = 307^{0}15'.9$, $\varphi' = +56^{0}8'.8$ и след. $\lambda = +43^{0}59'.9$, $\varphi = +56^{0}19'.5$, что почти соответствует положению Н.-Новгорода.

СЕВЕРНАЯ И ЮЖНАЯ ГРАНИЦЫ ЧАСТНОГО И ПОЛНОГО ЗАТМЕНИЯ. Приняв фазу равной нулю, т. е. положив в предыдущих формулах $g = 0$, найдем сев. и южную границы частного затмения. Для затмения 29 июня 27 сев. границы не существует и два овала, показывающие западную и восточную границы затмения на горизонте, переходят на севере один в другой, образуя изогнутую цифру 8. Для определения сев. и южной границы полного и кольцеобразного затмения, следует в предыдущих формулах принять $m = l_1$.

ЛИНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗАТМЕНИЯ. В случае центрального затмения урав. (33) обращается в

$$(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 = 0$$

Это равенство возможно только при условии $x = \xi$, $y = \eta$. Приняв для 1 приближения $\rho = 1$, найдем величину ζ, а след. t и φ' для некоторого определенного момента ср. Гр. вр. Зная φ', находим ρ и вновь повторяем вычисление.

Пример. Найти точку земной поверхности, из которой в 6 ч. ср. Гр. вр. будет наблюдаться центральное полное затмение 29 июня 27.

Для 6 ч. имеем: $x - \xi = -0.2502$, $y - \eta = +0.8046$, $\lg \sin d = 9.59697$, $\lg \cos d = 9.96310$, $\mu = 269^{0}14'.5$ Тогда $\zeta^2 = \rho^2 - \xi^2 - \eta^2 = 0.2900$, $t = 305^{0}13'$, $\varphi' = +72^{0}10'$ и $\rho^2 = 0.9939$.

Далее $\zeta^2 = 0.2839$, $t = 304^{0}23'.9$ $\varphi' = +72^{0}17'.5$ и наконец:

$$\lambda = +35^{0}9'.4, \ \varphi = +72^{0}24'.2.$$

ИЗОГОНЫ. Изогонами называют кривые линии, со диняющие те точки земной поверхности, в которых углы положения P (от полюса) и Z (от зенита) точек прикосзовения солнечного и лунного дисков в начале или конце натмения одни и те же.

При вычислении затмения нетрудно видеть, что по мере приближения к конечному результату величина m и угол $(N-M)$ постепенно приближаются к l_e и ψ. В последнем вычислении $m=l_e$ и $N-M=\psi$. Отсюда видно, что тогда $P=N-\psi=M$.

1) Если дан угол P, то из уравнений $x-\xi=m\sin M=$ $=l_e\sin P$, $y-\eta=m\cos M=l_e\cos P$, $\zeta^2=\rho^2-\xi^2-\eta^2$ легко определить ξ, η и ζ для некоторого определенного момента T ср. Гр. вр. Здесь для 1 приближения можно принять $l_e=u_e$ и $\rho=1$. Далее, вычислив по форм. (29) величины t и φ', найдем более точное значение ρ. При втором приближении повторяем вычисление с только что найденными величинами ζ и ρ и уже находим довольно точные значения t, φ' и λ.

Пример. Найти точку изогоны при $T=4$ ч. 32.05 м. и $P=278^0 47'$. Здесь $x=-1.0540$, $y=+0.7643$, $\lg\sin d=$ $=9.59702$, $\lg\cos d=9.96309$, $u_e=0.5448$, $\mu=247^0 15'.25$, $\operatorname{tg} f_e=(7.66265)$.

При 1 приближении, полагая $l_e=u_e$, имеем: $u_e\sin P=$ $=-0.5384$, $u_e\cos P=+0.0832$. Отсюда $\xi=-0.5156$, $\eta=+0.6811$. Принимая $\rho=1$, находим: $\lg\zeta=9.71592$. По формуле (29) получаем: $t=292^0 0'$, $\varphi'=56^0 13'$, откуда $\varphi=56^0 24'$ и $\rho=0.9977$. Величина l_e находится из выражения $l_e=u_e-\zeta\operatorname{tg} f_e$, $l_e=0.5424$, $\lg l_e=9.73432$.

С найденными величинами l_e и ρ повторяем вычисление и находим: $\xi=-0.5180$, $\eta=+0.6813$, $\lg\zeta=9.70989$. Теперь получаем более точные величины:

$$t=291^0 16',\ \varphi'=56^0 9',\ \varphi=56^0 20',\ \lambda=44^0 01',$$

что почти соответствует положению Н.-Новгорода.

Только что найденная точка изогоны вообще относится к началу затмения, так как данный угол $P>180°$. При углах $P<180^0$ изогоны вообще относятся к концу затмения.

Бесселевы элементы затмения 29 июня 1927.

T		x	y	lg sin d	$\overline{\lg}$ cos d	μ	u_e	u_i	x'	y'
4 ч.	0 м.	—1.34694	+0.74940	9.59704	9.96308	239°14′.5	+0.54474	—0.00117	+0.00914	+0.00047
	20	1.16417	0.75871	703	308	244 14.5	480	111		
	40	0.98139	0.76798	702	309	249 14.5	485	106		
5	0	0.79860	0.77721	700	309	254 14.5	490	101	0.00914	0.00046
	20	0.61581	0.78638	699	309	259 14.5	495	096		
	40	0.43301	0.79552	698	309	264 14.5	500	092		
6	0	0.25021	0.80461	697	310	269 14.5	504	087	0.00914	0.00045
	20	—0.06741	0.81365	696	310	274 14.4	508	083		
	40	+0.11539	0.82265	695	310	279 14.4	512	079		
7	0	0.29818	0.83161	693	310	284 14.4	516	076	0.00914	0.00045
	20	0.48098	0.84052	692	310	289 14.4	519	072		
	40	0.66377	0.84939	691	311	294 14.4	522	069		
8	0	0.84655	0.85822	690	311	299 14.4	525	066	0.00914	0.00044
	20	1.02933	0.86701	689	311	304 14.4	528	064		
	40	+1.21209	+0.87575	687	311	309 14.3	530	062		

$\lg \operatorname{tg} f_e = 7.66265;\ \lg \operatorname{tg} f_i = 7.66049.$

2) Также не трудно получить изогоны для углов положения Z (от зенита).

В этом случае $Z = P - \gamma$, где γ вычисляется по формуле $tg\gamma = \frac{\xi}{\eta}$. Заменяя ξ и η чрез $\xi = x - l_e \sin P$, $\eta = y - l_e \cos P$,

найдем: $\operatorname{tg}\gamma = \operatorname{tg}(P - Z) = \frac{x - l_e \sin P}{y - l_e \cos P}$; отсюда:

$$y \sin(P-Z) - l_e \cos P \sin(P-Z) =$$
$$= x \cos(P-Z) - l_e \sin P \cos(P-Z)$$

или $$x \cos(P-Z) - y \sin(P-Z) = l_e \sin Z.$$

Полагая $\frac{y}{x} = \operatorname{ctg}\Theta$, находим: $\sin(\Theta - \gamma) = \frac{l_e \sin Z \sin\Theta}{x}$

Получив отсюда угол γ, а следов. и угол P, находим по предыдущему координаты места φ и λ.

В сев. широтах ($\varphi > 23^1/_2{}^0$) угол γ всегда $< 90^0$.

Элементы затмения 29 июня 1927.

Гр. ср. время соединения по прям. восх.	6 ч. 27 м. 22.5 с.
Прямое восхождение Солнца и Луны .	6 ч. 28 м. 24.78 с.
Часовое изменение	10.37 с. и 149.25 с.
Склонение Солнца	$+23^0 17' 17''.2$
Часовое изменение	$-0' 7''.7$
Склонение Луны	$+24^0 4' 30''.6$
Часовое изменение	$+1' 25''.5$
Экватор. горизонт. параллакс Солнца	$8''.66$
Полудиаметр Солнца	$15' 43''.9$
Экватор. горизонт параллакс Луны	$57' 56''.8$
Полудиаметр Луны	$15' 46''.6$

ОТДЕЛ III

ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

ОТДЕЛ III.

Задачи практической астрономии.

1. Ориентировка на небе и пользование подвижной картой звездного неба.

Непосредственное ознакомление с звездным небом, выработка уменья по карте находить звезды на небе и обратно, составляет первую задачу начинающего наблюдателя. Положение звезд относительно горизонта непрерывно меняется вследствие вращения небесного свода, и в каждый данный момент наблюдателю доступна лишь часть звезд, находящаяся над горизонтом; поэтому можно рекомендовать начинать изучение неба с той области, где звезды в наших широтах не заходят, — с окрестностей северного полюса. В этой области наиболее выделяется созвездие Большой Медведицы; семь ярких звезд этого созвездия, образующие фигуру ковша, известны почти всякому, и явятся тем исходным пунктом, с которого начинающий может в любое время приступить к ознакомлению с небом.

Проведя прямую линию от β к α Большой Медведицы (две крайние звезды ковша) и продолжив ее примерно на пятикратное расстояние между этими звездами, встретим звезду 2-й величины Полярную (α Малой Медведицы), находящуюся в 1° от северного полюса, и приближенно определим положение этой важной точки небесной сферы. Линия, проведенная от ε Б. Медведицы через Полярную, встретит созвездие Кассиопеи, напоминающее расположением наиболее ярких звезд вытянутую латинскую букву *W*.

Подобным путем, запоминая по карте положение соседних созвездий относительно уже известных, отождествля-

их на небе и постепенно связывая одно созвездие с другим, можно в короткий срок ознакомиться с картиной звездного неба.

Изучение неба усложняется еще тем обстоятельством, что вследствие видимого движения Солнца между звездами на одни и те же часы наблюдений в различные месяцы не приходится одной и той же картины неба. В этом отношении подвижная карта звездного неба, приложенная в конце книги, весьма облегчит задачу начинающего; по ней он сможет определить положение созвездий относительно горизонта для любого часа и дня в году и быстро разыскать их на небе.

Подвижная карта состоит из двух частей: собственно звездной карты и подвижного круга с вырезом для горизонта. На карту нанесены точками звезды первых трех величин до 45° южного склонения и крестиками—некоторые наиболее яркие звездные скопления и туманности; контуры Млечного Пути обведены пунктиром. Из опорных линий даны только круги склонений 0 ч., 6 ч., 12 ч. и 18 ч., экватор (концентрическая окружность) и эклиптика (эксцентрическая окружность). На внутреннем ободке карты нанесены деления для отсчета прямых восхождений через каждые 10 минут; против делений, соответствующих целым часам, поставлены цифры. Для отсчета склонений следует пользоваться линейкой, на которой даны деления через 5° склонения. Вторая окружность карты разделена на 365 частей, по числу дней в году; месяцы проставлены во внешнем ободке карты. Числа месяца следует отсчитывать по движению часовой стрелки.

Подвижной круг следует вырезать по внешней окружности, на которой нанесены деления, обозначающие среднее местное время. Внутри круга вырезается горизонт данного места. На круге нанесен горизонт для широты 56°; для других широт окружность следует предварительно вычертить. С этой целью ставим ножки циркуля на соответствующие деления по линии С — Ю; неподвижной ножкой будет та, которая находится ближе к центру круга. Линия горизонта должна пройти через точки востока В и запада З.

При помощи карты решаются такие задачи, как, напр., определение вида неба для данного дня и часа, времени прохождения светил через меридиан, восхода и захода светил и т. п.

Пример 1. Определить вид неба 1 января в 10 ч. вечера для широты 56°.

Накладываем подвижной круг на карту так, чтобы внешняя окружность его приходилась против делений карты, обозначающих дни года, и вращаем круг до тех пор, пока деление „22 ч." не окажется против деления „1 января"; тогда звезды, оказавшиеся внутри выреза горизонта, дадут нам следующую картину *зимнего* звездного неба:

Б. Медведица на сев.-востоке; ручка ковша опущена к горизонту; близ зенита Возничий с яркой Капеллой; Кассиопея высоко на северо-западе. На юге выделяется созвездие Ориона, имеющее вид гигантской буквы X; влево и вниз от Ориона — Сириус, вправо и вверх — созвездие Тельца с блестящей и тесной кучкой звезд—Плеядами; на востоке — Близнецы и восходящий Лев.

Подобным же образом найдем вид неба и для любого другого часа и дня года; приводимое ниже описание *весеннего*, *летнего* и *осеннего* неба, соответствующее приблизительно 10 часам вечера 1 апреля, 1 июля и 1 октября, может оказаться полезным при сравнении карты с небом.

Весеннее небо: Б. Медведица находится близ зенита, Кассиопея — низко на севере. Низко на юге бедное яркими звездами созвездие Гидры, выше его — созвездие Льва; на востоке—созвездие Волопаса с ярким Арктуром, на северо-востоке видна восходящая Вега. Высоко на северо-западе—Возничий, на западе — Близнецы и заходящий Орион.

Летнее небо: Б. Медведица на западе, Кассиопея на сев.-востоке. Низко на севере в лучах зари — Капелла. Низко на юге — Скорпион с ярко-красным Антаресом; на востоке — восходящий Пегас и Орел; выше Пегаса — крест Лебедя. Вега находится в зените; на западе — Волопас и заходящий Лев.

Осеннее небо: Б. Медведица низко на севере, Кассиопея близ зенита. На северо-востоке восходит Возничий, на востоке—Плеяды. Высоко на западе — Лебедь, ниже его—

Лира с Вегою. На меридиане — квадрат Пегаса; под ним — бедные яркими звездами созвездия Водолея и Кита.

Пример 2. В котором часу проходит через меридиан Кастор (α Близнецов) 6 октября?

По направлению точек С и Ю натягиваем нитку, которая изобразит меридиан; располагаем круг так, чтобы Кастор был под ниткой; тогда против 6 октября найдем приблизительно $6^1/_2$ ч. утра—время кульминации Кастора.

Пример 3. В котором часу заходит Сириус 24 января? Устанавливаем круг так, чтобы Сириус был на окружности горизонта с западной стороны; против 24 января найдем приблизительно $3^1/_2$ ч. утра.

Ознакомившись в главных чертах со звездным небом, наблюдатель может решить задачу нахождения светила по его координатам — склонению и прямому восхождению. С этой целью первоначально наносим положение светила на звездную карту*), пользуясь данной на карте сеткой параллелей и кругов склонений, и запоминаем его положение относительно других более ярких или известных наблюдателю звезд (напр., образует равносторонний треугольник с такими-то звездами, находится на $^1/_3$ расстояния между такими-то и т. п.); находим на небе эти звезды, а по ним и искомое светило по той фигуре, которую оно со звездами образует. Первые опыты подобных поисков следует производить над такими об'ектами, как яркие планеты или широкие двойные звезды.

Положение недоступных простому глазу об'ектов следует относить к звездам, видимым невооруженным глазом, и вести поиски в бинокль, если яркость светила это позволяет. Вообще бинокль можно рекомендовать как первый оптический инструмент начинающего любителя. При пользовании трубой нужно ставить самое слабое увеличение и, направив трубу на ту область неба, где находится отыскиваемое светило, сообщать ей медленные и слабые движения. В противном случае об'ект, особенно если он слаб и

---

*) Выбор карты зависит, конечно, от яркости отыскиваемого об'екта. Для ярких планет достаточно будет подвижной карты; если светило лежит на границе видимости простым глазом (напр., Уран), то придется взять атлас со звездами до 6 величины.

размыт (комета, туманность), может скользнуть в поле зрения, не будучи замечен наблюдателем.

2. Уход за часами.

Ценность астрономических наблюдений во многих случаях зависит от точности находящихся в распоряжении наблюдателя средств измерения времени. В настоящей заметке мы остановимся лишь на карманных часах, т. к. любителю приходится пользоваться при наблюдениях почти исключительно карманными часами.

В силу технического несовершенства часы не могут итти вполне равномерно и всегда показывать точное время; поэтому для определения времени необходимо знать *поправку* часов в данный момент, т.-е. величину, которую следует придать к показаниям часов, чтобы получить точное время. Поправка часов имеет знак —, если часы впереди и +, если часы позади. Т. к. часы спешат или опаздывают по сравнению с средним солнечным временем, то и значение поправки непрерывно изменяется; изменение поправки в течение суток называется *суточным ходом* часов. Положительный ход (часы опаздывают) обозначается через +, и отрицательный (часы спешат), через —.

Для определения поправок и суточного хода часов необходимо, очевидно, сверять часы с другими источниками точного времени. Наиболее совершенным средством поверки, находящимся в распоряжении любителя, является прием радиосигналов времени, контролируемых часами астрономических обсерваторий; менее точные результаты даст определение истинного местного полудня солнечным кольцом проф. С. П. Глазенапа.

Пусть, напр., с целью определения хода часов мы определили солнечным кольцом моменты истинного полудня 11 и 13 мая и нашли поправки соответственно + 1 м. 21 с. и 2 мин. 6 с. Тогда, принимая приближенно промежуток между двумя наблюдениями равным двум средним суткам, находим для хода

$$d = (2\text{ м. }6\text{ с.} - 1\text{ м. }21\text{ с.}) : 2 = +22.5\text{ с.}$$

Зная ход часов и поправку их для какого-либо момента,

легко определим поправку их для любого другого момента. Уход за часами сводится таким образом в первую очередь к регулярному периодическому определению поправки, позволяющему следить за их ходом.

Если ход часов велик, то, передвигая регулятор часов можно, путем последовательных проб, свести его к минимуму; желательно, чтобы ход не превышал 10—15 сек. Качество часов зависит однако не от величины хода, а от его равномерности; последняя определяется *средней суточной вариацией*, т.-е. уклонением часов от среднего хода в течение суток. Приведенная ниже таблица дает пример вывода вариации хода хронометра из ряда определений хода. Поправка определялась с точностью 0.2 с. по радиосигналам Детскосельской и Октябрьской станций.

Дата по ср. Гр. вр.			△	Поправка.	△	Сут. ход.	e	e^2
Декабрь	11	19.0 ч.		— 70.6				
			2.00		27.6	13.8	+ 0.5	0.25
	13	19.0 ч.		— 43.0				
			1.08		13.8	12.8	— 0.5	0.25
	14	21.0 ч.		— 29.2				
			1.92		27.2	14.2	+ 0.9	0.81
	16	19.0 ч.		— 2.0				
			2.08		27.4	13.2	— 0.1	0.01
	18	21.0 ч.		+ 25.4				
			1.92		12.4	13.5	+ 0.2	0.04
	19	19.0 ч.		+ 37.8				
			0.08		1.0	12.5	— 0.8	0·64
	19	21.0 ч.		+ 38.8				
			1.00		12.2	12.2	— 1.1	1.21
	20	21.0 ч.		+ 51.0				
			3.00		41 6	13.9	+ 0.6	0.36
	23	21.0 ч.		+ 92.6				
					Ср. ход 13.3		Σe^2 3.57	

Во второй графе таблицы даны интервалы в долях суток между моментами определения поправок и в четвертой — ход часов за те же интервалы; средний суточный ход получим, деля значения хода в четвертой графе на соответствующие значения во второй графе. Уклонения e выведенных суточных ходов от их среднего значения и квадраты уклонений даны в шестой и седьмой графах.

Средняя вариация вычисляется по формуле

$$v = \pm \sqrt{\frac{\Sigma e^2}{n-1}},$$

где числитель подкоренного количества представляет сумму квадратов уклонений данных в седьмой графе, и n — число всех определенных ходов. В нашем примере

$$v = \pm \sqrt{\frac{3.57}{8-1}} = 0.7 \text{ с.}$$

Хорошие карманные часы с температурной компенсацией балансира дадут точность до 2 с., вполне достаточную в любительской практике. Большинство часов делается, однако, без температурной компенсации; в этом случае необходимым условием постоянства хода является защита часов от температурных колебаний окружающей среды. Другим не менее существенным источником вариации хода может послужить измененение положения часов; чтобы устранить влияние этой причины следует хранить часы всегда в одном положении,—лучше всего кольцом вверх, как наиболее удобном для ношения в кармане. Не следует вешать часы, как это практикуется, на гвоздь, так как колебания балансира могут повлечь качания корпуса, в свою очередь влияющие на ход часов. Заводить часы следует регулярно в одно и то же время суток.

3. Определение меридиана и построение солнечных часов.

Определение меридиана, помимо необходимости его при устройстве солнечных часов, важно и при решении многих других задач практической астрономии.

Ниже даются три способа определения меридиана; первый из них требует точные часы; во втором необходима лишь грубо-приближенная оценка времени; в третьем способе ошибка часов до 5 мин. не повлияет на результат.

1. *По наблюдениям момента истинного полудня.* Если в момент истинного полудня*) отметим на какой-либо плоскости положение тени, бросаемой отвесом, то этим самым определится пересечение плоскости меридиана, про-

---

*) Этот момент найдем по уравнению времени в эфемеридах Солнца в переменной части Русск. Астр. Календаря.

ходящего через отвес, с избранной плоскостью. Для получения указанным способом возможно более точных результатов, следует установить перед обращенной к югу стеной диск с круглым отверстием в 1—2 *мм*; площадь диска должна быть приблизительно параллельна стене. Отметив центр светлого кружка на стене в момент истинного полудня точкой и проведя через нее по отвесу вертикальную линию, мы найдем пересечение с поверхностью стены плоскости меридиана, проходящей через точку и отверстие в диске. Т. к. точность этого способа зависит от знания момента истинного полудня, то ход часов и поправка их в истинный полдень должны быть определены перед наблюдением возможно точнее.

2. *По равным высотам Солнца.* При одинаковых часовых углах к западу и востоку от меридиана Солнце находится на одинаковой высоте над горизонтом и, следовательно, дает в обоих случаях тени одинаковой длины. Этим обстоятельством можно воспользоваться для определения меридиана. На высоте 1—$1^1/_2$ метров над выверенной уровнем горизонтальной плоскостью ACA' (рис. 1) укрепим на стойке P диск O с тонким круглым отверстием; плоскость диска должна быть приблизительно перпендикулярна лучам полуденного Солнца. Опустив через отверстие O отвес, определим на плоскости ACA' точку C, лежащую на одной вертикальной прямой с O. За $1^1/_2$—2 часа до полудня отметим на плоскости положение светлого кружка A и из центра C опишем радиусом CA дугу AmA'. Через $1^1/_2$—2 ч. после полудня Солнце снова будет на прежней высоте и светлое пятно вторично пересечет окружность

Рис. 1.

в точке A'. Соединив точки A и A' прямой и разделив ее пополам, проведем прямую Cs, которая и определит направление меридиана*).

3. *По кульминациям Полярной.* При пользовании этим способом необходимо предварительно определить момент кульминации Полярной для данных суток по таблице, помещенной в переменной части Русск. Астр. Календаря.

Самое определение производится следующим образом. В плоскости, идущей приблизительно с севера на юг, устанавливают два отвеса на расстоянии приблизительно 2—3 метров один от другого. Северный отвес закрепляется неподвижно, точку закрепления южного отвеса делают подвижной, так чтобы отвес можно было перемещать по линии восток — запад. Так как наблюдение ведется ночью, то оба отвеса следует выбелить мелом и осветить сбоку. Чтобы избежать качаний подвижного отвеса, можно опустить его в сосуд с водой.

Визируя северный отвес на Полярную, перемещают южный отвес так, чтобы в момент кульминации оба отвеса, сливаясь друг с другом, покрывали бы Полярную. Плоскость, проходящая через отвесы, покажет тогда направление меридиана.

Бросая тень от обоих отвесов и перемещая источник света пока обе тени не совпадут (для этой цели можно воспользоваться наблюдением тени от Солнца в истинный полдень), можно спроектировать направление меридиана на любую горизонтальную или вертикальную плоскость и провести линию, определяющую пересечение плоскости меридиана с выбранной поверхностью.

Солнечные часы. Солнечные часы служат для определения времени по суточному движению Солнца. Наиболее простой формой солнечных часов являются *экваториальные* (рис. 2), циферблат которых расположен в плоскости небесного экватора и теневой стержень направлен по оси мира, образуя с горизонтальной плоскостью угол, равный

---

*) Здесь не учитывается изменение координат Солнца в промежутке между наблюдениями, могущее повлечь ошибку до 10′ в определении положения меридиана.

географической широте места φ. Линия 0 ч.—12 ч. циферблата устанавливается в плоскости меридиана. Скорость перемещения тени стержня по циферблату будет, очевидно, равна скорости суточного движения Солнца, т.-е. 15° в час.

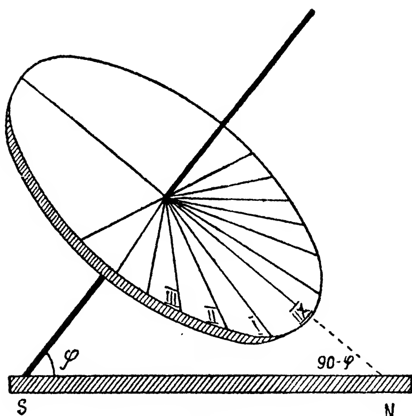


Рис. 2.

Более удобны и распространены *горизонтальные* солнечные часы (рис. 3); циферблат этих часов расположен горизонтально, и теневой стержень направлен, как и у экваториальных, по оси мира. Вместо стержня обыкновенно берется, для большей устойчивости, пластинка, южный край которой скошен под углом к циферблату, равным географической широте места. Пластинка располагается вдоль линии 0 ч. — 12 ч. циферблата и устанавливается с возможно большей точностью в плоскости меридиана. Горизонтальность поверхности циферблата следует выверить уровнем.

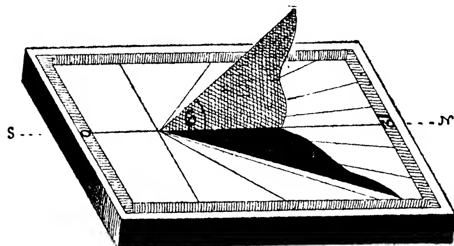


Рис. 3.

Скорость перемещения тени на горизонтальном циферблате не пропорциональна скорости суточного движения Солнца; угол x, который тень делает с полуденной линией, определяется формулой

$$\operatorname{tg} x = \sin\varphi \operatorname{tg}\Theta, \tag{1}$$

где φ — геогр. широта места и Θ — часовой угол Солнца. Вычисленные по этой формуле углы x для значений Θ,

взятых через избранные промежутки времени, откладываются на циферблате от линии 0 ч. — 12 ч.

Из формулы (1) следует, что значения углов x, при тех же часовых углах Солнца, неодинаковы для различных широт; поэтому часы, рассчитанные для одной широты, не будут годиться для другой*).

Солнечные часы показывают *истинное солнечное* время; для перевода его в местное среднее следует к показаниям часов придать уравнение времени в данные сутки. Для облегчения приведения показаний часов, можно нанести таблицу уравнения времени на циферблат, взяв значения уравнения через определенные промежутки времени, напр., через 10 суток, из эфемерид Солнца в любом выпуске переменной части Русск. Астр. Календаря. Так как точность солнечных часов обыкновенно не превышает двух минут, то для таблицы уравнения времени точность в $^1/_2$ минуты будет вполне достаточна.

Пример. 12 октября в Н.-Новгороде солнечные часы показывают 13 ч. 18 м. Привести показания часов к поясному времени.

Истинное солнечное время	13 ч. 18 м.
Уравнение времени 12 октября	— 13 м.
Местное среднее время	13 ч. 5 м.
Поправка на поясн. время для Н.-Новгорода	+ 4 м.
Поясное время 2 пояса .	13 ч. 9 м.

4. Определение времени и долготы по затмениям спутников Юпитера.

Наблюдения затмений спутников Юпитера дают возможность вывести поправку часов, если известно время затмения**). Наблюдатель, могущий определить местное время (напр., кольцом проф. С. П. Глазенапа), может по

---

*) Всякие горизонтальные часы, построенные для данной широты, можно, однако, приспособить и к другой широте, установив их так, чтобы срез пластинки был направлен по оси мира; циферблат очевидно не будет тогда горизонтален, а образует с горизонтальной плоскостью угол, равный разности широт.

**) Моменты затмений по ср. Гриничск. времени даются в табл. «явления в системе спутников Юпитера» в переменной части Русск. Астр. Кал.

тем же наблюдениям определять и долготу места из разности моментов затмения по местному и ср. Гриничскому времени.

Вследствие незначительной точности способа (ошибка достигает 1—2 м.), наблюдения затмений могут оказаться полезными лишь для целей повседневной жизни, где поправка часов в 2 м. роли не играет. Получению более точных результатов препятствует то обстоятельство, что затмения продолжаются сравнительно большой промежуток времени — от 3 м. для I спутника до 10 м. для IV. Поэтому предпочтительнее вести наблюдения только над I спутником; на результаты, полученные из наблюдений III и IV спутников, полагаться нельзя, т. к. здесь возможна ошибка до 5 м. Момент появления или исчезновения спутников неодинаков для разных инструментов: в малые трубы исчезновение происходит, как правило, раньше, а появление — позже даваемого в эфемеридах. При определении долготы можно постараться исключить влияние систематической ошибки, зависящей от размеров инструмента, взяв среднее из значений долготы, полученных по наблюдениям начала и конца затмения: ошибки в этом случае будут иметь противоположный знак и взаимно уничтожатся. Т. к. исчезновения I спутника можно наблюдать лишь до противостояния, а появления—после противостояния Юпитера, то оба наблюдения будут разделены значительным промежутком времени, и весьма важно, чтобы условия наблюдения были в обоих случаях по возможности одинаковы; наблюдать следует обязательно в один и тот же инструмент. Среднее из двух рядов наблюдений до и после противостояния даст долготу с точностью до 1 м.

5. Определение времени по наблюдениям Солнца на равных высотах.

Наиболее удобным и распространенным прибором для определения времени по способу равных высот является солнечное кольцо проф. С. П. Глазенапа. Прибор представляет собою цилиндрическое металлическое кольцо, свободно подвешенное на штифте откидной подставки (рис. 4); в 45° от точки подвеса в кольце сделано отверстие. При наблю-

дениях кольцо подвешивается так, чтобы лучи Солнца, пройдя через отверстие, упали на внутреннюю поверхность кольца, на которую нанесены деления миллиметровой шкалы.

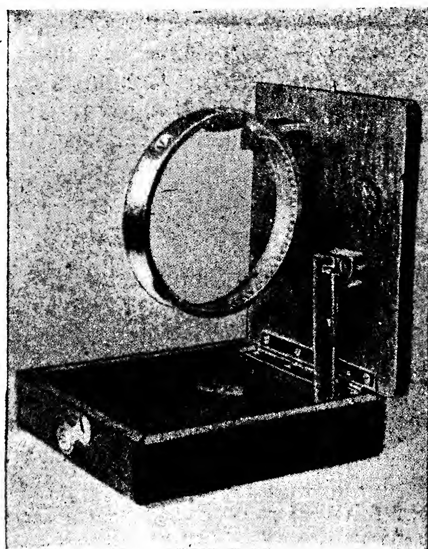


Рис. 4.

Солнце наблюдается в течение данных суток до и после полудня на одном и том же штрихе шкалы. Т. к. вблизи полудня высота Солнца изменяется весьма медленно, то наблюдения следует начинать не позже 10 часов.

Вывод поправки часов из наблюдений производится следующим образом. Пусть Солнце наблюдалось на одном и том же штрихе в момент T_1 до полудня и T_2 после полудня; тогда

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

будет моментом неисправленного полудня.

Для получения момента истинного полудня необходимо к значению T придать поправку, зависящую от величины изменения склонения Солнца, от географической широты

места наблюдения и от промежутка времени, протекшего между обоими наблюдениями. Поправка имеет вид

$$dM = A\Theta \operatorname{tg}\varphi + B\Theta \operatorname{tg}\delta,$$

где Θ — часовое изменение склонения Солнца для местного истинного полудня, φ — географическая широта места наблюдения и δ — склонение центра Солнца в местный истинный полдень*). Величины A и B зависят от t — половины времени, протекшего между наблюдениями Солнца, и имеют значение

$$A = \frac{t}{15\sin t}; \quad B = \frac{t}{15 \operatorname{tg} t}.$$

В таблице 10 отд. VI даны поправки dM, вычисленные через восемь суток для широт от 38° до 62° и $t = 2$, 3, 4 и 5 часов. Пользование этой таблицей сводит вычисление поправки часов к ряду арифметических действий.

Для увеличения точности следует наблюдать Солнце на нескольких соседних штрихах кольца и брать среднее из всех значений T, полученных по наблюдениям на одинаковых штрихах.

Пример. 1 октября 1928 года в Ленинграде были произведены наблюдения Солнца на следующих штрихах шкалы:

№ штриха.	T_1	T_2	$\frac{T_1 + T_2}{2}$
20	9 ч. 13 м. 12 с.	14 ч. 27 м. 22 с.	11 ч. 50 м. 17 с.
20.5	9 » 16 » 30 »	14 » 24 » 16 »	11 » 50 » 23
21	9 » 19 » 52 »	14 » 20 » 33 »	11 » 50 » 12.5
21.5	9 » 23 » 51 »	14 » 16 » 50 »	11 » 50 » 20.5
Среднее значение неиспр. полудня.			11 ч. 50 м. 18.3

По $t = 2$ ч. 32 м. (среднее полуразностей моментов T_1 и T_2) и широте Ленинграда $\varphi = 59° 57'$ находим для 1 октября интерполяцией по таблице 10

$$dM = +28.1 \text{ с.}$$

*) Θ и δ для средн. Гриничск. полудня даются в переменной части Русск. Астр. Календаря.

Среднее время в истинный Ленинградский полдень

$$C = 11 \text{ ч. } 49 \text{ м. } 43.4 \text{ с.}$$

отыскивается по долготе Ленинграда $\lambda = 2.0$ часа интерполяцией между значениями уравнения времени в средн. Гриничск. полдень 30 сент. и 1 октября. Отсюда поправка часов выводится следующим образом:

$$\begin{array}{rl} T = & 11 \text{ ч. } 50 \text{ м. } 18.3 \text{ с.} \\ dM = & +28.1 \text{ с.} \\ \hline T_0 = & 11 \text{ ч. } 50 \text{ м. } 46.4 \text{ с.} \\ C = & 11 \text{ ч. } 49 \text{ м. } 43.4 \text{ с.} \\ \hline \text{Поправка} = & -1 \text{ м. } 3 \text{ с.} \end{array}$$

Точность определения поправки при большом ряде наблюдений и постоянном ходе часов достигает двух секунд*).

6. Определение широты места по наблюдениям звезд на равных высотах.

Имея небольшую трубу, установленную на низком «столовом» штативе и хорошо выверенные часы, можно определить широту места из наблюдений на равных высотах двух звезд, отстоящих приблизительно на одинаковое расстояние по обе стороны от первого вертикала. Предлагаемый способ удобен тем, что в нем не играет роли рефракция, т. к. наблюдения звезд могут быть разделены небольшим промежутком времени, в течение которого рефракцию можно считать постоянной; отсутствует также поправка на коллимацию трубы, неизбежная при других способах наблюдений (напр., при набл. прохождения двух звезд через вертикал).

В применении этого способа важнейшей задачей является сохранение одинакового наклона трубы к горизонту при

---

*) Солнечное кольцо изготовляется Ленинградским Губ. ОНО; с запросами следует обращаться в Книжно-Канцелярский Сектор Губ. ОНО—Ленинград, ул. Плеханова, 7. Нетрудно, однако, изготовить прибор своими средствами, заменив кольцо более простой в конструктивном отношении формой треугольника, подвешенного за середину одной из сторон. Для большей устойчивости треугольника к обращенной вниз вершине подвешивается груз. В одной из других вершин проделывается отверстие и на внутреннюю поверхность противолежащей стороны наносится шкала.

наблюдении обеих звезд. Для этой цели можно воспользоваться небольшим устойчивым столиком с ровной поверхностью; на стол помещается пластина с гладкими параллельными сторонами, — лучше всего кусок зеркального стекла. Горизонтальность поверхности стекла выверяется уровнем в различных положениях, и неправильности устраняются прокладыванием листочков плотной бумаги между столом и стеклом. Наводка установленной на горизонтальной поверхности стекла трубы производится поворачиванием самого штатива; в промежутке между наблюдеииями обеих звезд труба должна оставаться относительно штатива *совершенно неподвижной* *).

В диафрагме окуляра укрепляются две взаимно перпендикулярные нити из паутины или резинового клея; для того, чтобы нити были видны в поле зрения, сбоку от об'ектива помещается кусок белого картона под углом 45° к оптической оси, освещенный лампой или фонарем **).

Наблюдения следует вести при наименьшем увеличении.

Если s и s', будут два момента звездного времени, в которые обе звезды наблюдались на равных высотах, то
$\sin\varphi\sin\delta + \cos\varphi\cos\delta\cos t = \sin\varphi\sin\delta' + \cos\varphi\cos\delta'\cos t'$,
где φ — широта места, δ и δ' склонения звезд, а t и t' — их часовые углы.

Отсюда находим

$$tg\varphi = \frac{\cos\delta'\cos t' - \cos\delta\cos t}{\sin\delta - \sin\delta'} \qquad (1)$$

Часовые углы t и t' определяются из равенств

$$t = s - \alpha;\ t' = s' - \alpha',$$

где α и α' суть прямые восхождения звезд.

---

*) Единственным требованием, пред'являемым к штативу в процессе наблюдений, является отсутствие относительных движений между его частями и устойчивость. При отсутствии штатива можно воспользоваться самодельной подставкой без головки движений, закрепив трубу на подставке наглухо.

**) Для устройства креста нитей лучше брать окуляр Рамсдена, где диафрагма лежит снаружи окулярной трубки. При наблюдениях в подзорную трубу следует удалить обращающую систему: меньшее увеличение облегчит наблюдения и уменьшение длины придаст бо́льшую устойчивость корпусу трубы.

Для того, чтобы поправка часов и ошибки наблюдений имели наименьшее влияние, всего выгоднее брать звезды на одинаковом расстоянии от первого вертикала, находящиеся одна в верхней и другая в нижней кульминации. Однако высоты звезд близ моментов кульминаций изменяются медленно и уловить прохождение звезды через пересечение нитей трудно. Поэтому лучше брать звезды с часовым углом не менее 15° и не более 165°.

Рассмотрим доказательства приведенных выше наиболее выгодных условий наблюдения.

Продифференцировав по t и t' выражение (1), найдем:

$$\frac{d\varphi}{\cos^2\varphi}=\frac{\cos\delta\ \sin t\ dt-\cos\delta'\ \sin t'\ dt'}{\sin\delta-\sin\delta'} \qquad (2)$$

Здесь dt и dt' означают ошибки часовых углов t и t'. Каждая из этих ошибок состоит из двух частей: 1) поправки часов, которая одинакова для обоих углов и 2) ошибки наблюдения, которая имеет случайный характер. Обозначим поправку часов через $d\tau$ и ошибки наблюдений углов t и t' соответственно через $d\eta$ и $d\eta'$. Тогда

$$\frac{d\varphi}{\cos^2\varphi}=\frac{\cos\delta\ \sin t-\cos\delta'\ \sin t'}{\sin\delta-\sin\delta'}\ d\tau+\frac{\cos\delta\ \sin t}{\sin\delta-\sin\delta'}\ d\eta-\frac{\cos\delta'\ \sin t'}{\sin\delta-\sin\delta'}\ d\eta' \qquad (3)$$

Ошибка $d\varphi$ в широте обращается в ноль при конечных значениях $d\tau$, $d\eta$ и $d\eta'$, когда

$$\cos\delta\ \sin t-\cos\delta'\ \sin t'=0 \qquad (4)$$

$$\cos\delta\ \sin t=0 \qquad (5)$$

$$\cos\delta'\ \sin t'=0 \qquad (6)$$

Но легко показать*), что равенство (4) можно заменить следующим:

$$\cos h\ \sin A-\cos h\ \sin A'=0,$$

где h — высота звезд, A и A' их азимуты.

Отсюда видно, что $\sin A=\sin A'$ и $A'=180-A$. Следовательно для того, чтобы поправка часов $d\tau$ не имела влияния на вычисление, необходимо выбрать звезды на одинаковых расстояниях от первого вертикала.

Ошибки наблюдений $d\eta$ и $d\eta'$ не влияют на вычисление в том случае, когда $\sin t=0$ и $\sin t'=0$, что видно из уравнений (5) и (6).

Таким образом, самым благоприятным условием для наблюдений будет такое, когда одна из звезд находится в верхней и другая в нижней кульминации. Тогда видно, что

$$\varphi=90°-\frac{\delta'-\delta}{2}$$

*) Из сферическ. тр-ков PSZ и $PS'Z'$, где P полюс, Z зенит, S и S' — места двух звезд.

Однако, по соображениям, приведенным выше, лучше наблюдать звезды с часовым углом $15° < t < 165°$.

Покажем влияние ошибок на примере наблюдения равных высот двух звезд, для которых: $\delta = +8°$, $A = -19° 37' 15''$; $\delta' = +69° 50' 7''$, $A' = -161° 23'$; высота $h = 40° 14' 49''$. При истинных величинах $t = -15°$ и $t' = -135° 1' 19''$ широта будет $56° 20'$. Допустим, что неучтенная поправка часов равна $+1$ м. зв. вр. т. е. что часы отставали на 1 м. Тогда часовые углы будут $t = -15° 15'$ и $t' = -135° 16' 19''$. Положим также, что при наблюдении первой звезды мы сделали ошибку на -4 с., отчего часовой угол t изменился на $-60''$, т.-е. $t = -15° 16'$, а при наблюдении второй звезды сделали ошибку в $+5$ с., отчего угол $t' = -135° 15' 4''$. При этих величинах t и t' найдем по формуле (1) $\varphi = 56° 19' 42''$, т.-е. ошибка в определении широты составит $18''$.

Если бы ошибки наблюдений были направлены в одну сторону, т.-е. $d\eta = -4$ с. и $d\eta' = -5$ с., то получили бы значение $\varphi = 56° 19' 57''$.

7. Определение времени и широты с помощью отвеса (способ проф. Фогеля).

Определение поправки часов. Предположим, что у нас имеется отвес, т. е. шнурок с привязанным к нему грузом. Станем так, чтобы какая-нибудь звезда, находящаяся вблизи зенита, пришлась против края отвеса, и будем следить за движением какой-нибудь другой звезды, находящейся вдали от зенита, но приходящейся вблизи края отвеса. При этом, если, наклоняя соответственным образом голову, будем все время удерживать зенитную звезду на краю отвеса, то заметим следующее.

1) Если взятая звездная пара находилась вблизи южной части меридиана, то нижняя звезда будет двигаться относительно отвеса справа налево, т. е. если эта звезда находилась справа от отвеса, то она будет постепенно приближаться к нему, достигнет его края, перейдет на левую сторону и будет потом удаляться от него.

2) Если звездная пара находилась в северной части меридиана, то наоборот — нижняя звезда будет двигаться слева направо. Таким образом в обоих случаях она будет двигаться с запада на восток.

3) Если звездная пара приходилась прямо на восток или прямо на запад, т. е. находилась в первом вертикале, то

нижняя звезда относительно отвеса совсем двигаться не будет в течение некоторого времени.

Таким образом, выбирая звездные пары в разных частях неба, не трудно убедиться, что в восточной части первого вертикала скорость движения нижней звезды относительно отвеса есть нуль; далее к югу скорость движения начинает возрастать и в южной части меридиана достигает наибольшей своей величины. За южной частью меридиана она начинает уменьшаться, обращаясь в западной части первого вертикала опять в нуль. Затем, от западной части первого вертикала к северу, скорость движения начинает возрастать, достигая в северной части меридиана снова наибольшей своей величины, а за северной частью к востоку скорость движения нижней звезды снова начинает уменьшаться и в восточной части первого вертикала обращается опять в нуль.

При наблюдении звездной пары задача наблюдателя заключается в том, чтобы, удерживая все время верхнюю звезду на краю отвеса, уловить момент, когда нижняя звезда вступит на тот же край отвеса, и записать этот момент. Ясно, что при определении времени, когда самый момент наблюдения необходимо уловить с возможно большей точностью, звездную пару нужно взять вблизи меридиана, так как там скорость движения нижней звезды относительно отвеса будет наибольшая. Но, при прочих равных условиях, скорость нижней звезды относительно отвеса будет тем больше, чем ближе к зениту верхняя звезда и чем дальше от него нижняя. В виду этого верхнюю звезду следует брать не дальше 10° от зенита.

Относительно самого процесса наблюдений заметим следующее: наблюдать необходимо сидя, и удобнее всего, если стул поставлен так, чтобы спинка его находилась перед наблюдателем или сбоку его; тогда, облокотившись о спинку и поддерживая ладонью голову, нетрудно сообщить ей то легкое перемещение в сторону, которое необходимо, чтобы верхнюю звезду видеть все время на краю отвеса. Если это достигнуто, то, не изменяя положения головы, переводим глаз *) вдоль края отвеса на нижнюю звезду; если

*) Наблюдение производится, конечно, одним глазом, закрывши другой.

она еще не дошла до края отвеса, то снова переводим глаз на верхнюю звезду, чтобы убедиться, осталась ли она на крае. Если этого нет, то соответствующим легким движением ладони перемещаем голову так, чтобы достигнуть этого, затем снова переводим глаз к нижней звезде и так продолжаем до тех пор, пока не дождемся того момента, когда нижняя звезда окажется на том же краю отвеса, как и верхняя. Тогда записываем показание часов, соответствовавшее этому моменту.

Что касается края отвеса, на котором наблюдается звездная пара, то всегда надо наблюдать на западном краю, так как при этом условии мы будем видеть исчезновение нижней звезды за отвесом.

Длина отвеса должна быть такова, чтобы от точки привеса до уровня глаза было не менее 4 метров; в противном случае глаз придется держать слишком близко к отвесу и нижняя часть отвеса будет представляться неясной, расплывчатой, что весьма затрудняет наблюдение. Отвес должен быть освещен из-за спины наблюдателя, лучше всего фонарем, стекло которого покрыто папиросной бумагой. Шнурок отвеса не должен быть тонок (2—3 мм в диаметре). Чтобы края его сделать ровными, полезно натереть его воском и, зажавши в руке, протянуть несколько раз в одном и том же направлении.

Звезды следует выбирать возможно более яркие и во всяком случае не слабее четвертой величины. При определении времени нижнюю звезду надо брать на расстоянии не более 50° от зенита, так как при сравнительно быстром движении звезды трудно переводить глаз вдоль края отвеса на расстояние большее 50°. Теперь предположим, что мы уловили момент, когда верхняя и нижняя звезда находились на одном вертикале. Пусть показание часов, идущих по среднему времени, было в этот момент T'. Если искомая поправка наших часов x, то верное среднее время будет $T = T' + x$.

Переведем среднее время T' в звездное; пусть оно будет s'. Так как по предположению наши средние часы дают неправильное показание T', то и ему соответствующее звездное время s' тоже неверно и должно быть исправле-

но на некоторую величину y. Обозначая точное звездное время данного момента чрез s, получим $s = s' + y$. Если из наблюдений найдем поправку звездного времени y, то, переведя ее в единицы среднего времени, получим искомую поправку часов x, причем положительная x укажет, что наши часы о т с т а ю т, а отрицательная — идут вперед.

Взятые две звезды находились в одном и том же круге высоты, а так как всякий круг высоты проходит через зенит, то следовательно обе звезды и точка зенита находились на одном и том же большом круге.

Прямое восхождение зенита равно звездному времени s, склонение зенита есть географическая широта места φ.

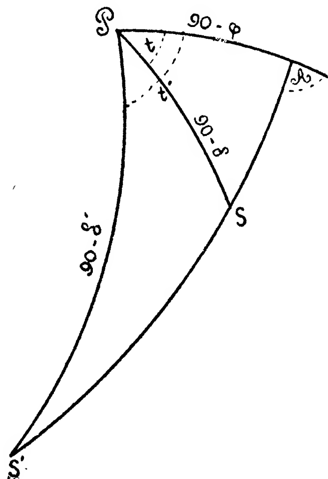
Пусть прямые восхождения двух рассматриваемых звезд будут α' и α, склонения δ' и δ, где буквы со значком $'$ относятся к нижней звезде.

На основании сказанного мы имеем три точки, определяемые координатами:

α и δ — верхняя звезда.

α' и δ' — нижняя звезда.

s и φ — зенит.



Черт. 5.

Пусть точки P, Z,*) S и S' (черт. 5) представляют собою положения на небесной сфере полюса, зенита, верхней и нижней звезды.

Дуга ZSS' будет дугой, вертикала с азимутом A. Из сферич. треугольников PZS и PZS' найдем:

$$\operatorname{ctg} A = \frac{\sin\varphi \cos t - \cos\varphi \operatorname{tg}\delta}{\sin t} = \frac{\sin\varphi \cos t' - \cos\varphi \operatorname{tg}\delta'}{\sin t'}, \quad (1)$$

где $t = s - \alpha$ и $t' = s - \alpha'$ суть часовые углы звезд.

Отсюда получим:

---

*) На черт. 5 Z при угле A пропущен.

$$\operatorname{tg}\delta' \sin t - \operatorname{tg}\delta \sin t' = \operatorname{tg}\varphi \sin(\alpha' - \alpha). \tag{2}$$

Но $s = s' + y$ и потому имеем:

$$[\operatorname{tg}\delta' \cos(s' - \alpha) - \operatorname{tg}\delta \cos(s' - \alpha')] \sin y +$$
$$+ [\operatorname{tg}\delta' \sin(s' - \alpha) - \operatorname{tg}\delta \sin(s' - \alpha')] \cos y = \operatorname{tg}\varphi \sin(\alpha' - \alpha). \tag{3}$$

Полагая для краткости

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg}\delta' \sin(s' - \alpha) - \operatorname{tg}\delta \sin(s' - \alpha') &= m \sin M \\ \operatorname{tg}\delta' \cos(s' - \alpha) - \operatorname{tg}\delta \cos(s' - \alpha') &= m \cos M \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

найдем:

$$\sin(y + M) = \frac{\operatorname{tg}\varphi \sin(\alpha' - \alpha)}{m} \tag{5}$$

Формулы (4) можно упростить. Для этого умножим первую на $\cos(s' - \alpha')$, вторую на $\sin(s' - \alpha')$ и произведения вычтем одно из другого. Затем умножим первую на $\sin(s' - \alpha')$, вторую на $\cos(s' - \alpha')$ и произведения сложим; тогда получим:

$$\begin{aligned} m \sin(M - t') &= \operatorname{tg}\delta' \sin(\alpha' - \alpha) \\ m \cos(M - t') &= \operatorname{tg}\delta' \cos(\alpha' - \alpha) - \operatorname{tg}\delta \end{aligned} \tag{6}$$

Таким образом при данном моменте T' или s' вычисление поправки часов производится след. образом: сначала вычисляется M и $\lg m$ по формуле (6), затем y по урав. (5) и наконец x. По $\sin(y + M)$ получится, конечно, два значения для $y + M$. Если наблюдение произведено в южной части меридиана, то надо взять то значение, которое близко к нулю, если в северной части, тогда то, которое близко к 180°.

Выше мы указали, что при определении времени необходимо наблюдать вблизи меридиана. Выполнение этого условия необходимо не только для достижения возможно большей точности в наблюдении, но важно еще в другом отношении. Если две звезды находятся одновременно в южной части меридиана, то это значит, что их прямые восхождения равны, т.-е. $\sin(\alpha' - \alpha) = 0$, и тогда, как видно из формулы (5), нет надобности знать широты φ. Если

наблюдение произведено не в самом меридиане, а вблизи него, то множитель $\sin(\alpha' - \alpha)$ есть малая дробь, и потому достаточно знать только приблизительную величину широты. Таким образом, при наблюдении вблизи южной части меридиана ошибка в принятом значении широты почти не влияет на определение поправки часов. То же самое заключение легко вывести и для северной части меридиана, безразлично, будет ли верхняя звезда в верхней или нижней кульминации.

Приступая к наблюдениям в южной части меридиана, следует предварительно посмотреть, какая из достаточно ярких звезд пройдет вскоре через меридиан вблизи зенита и потом по звездной карте подобрать для нее такую нижнюю звезду, чтобы разность прямых восхождений обеих звезд была по возможности близка к нулю.

Если будем наблюдать в северной части меридиана, то нет надобности каждый раз подбирать новую верхнюю звезду, так как в наших широтах можно для этой цели пользоваться Полярной. Но в таком случае может статься, что $\sin(\alpha' - \alpha)$ будет близок не к нулю, а к единице. Поэтому может показаться, что ошибка в широте будет иметь большое влияние на результат, но в действительности этого не будет, потому что в выражение (5), кроме множителя $\sin(\alpha' - \alpha)$, входит еще делитель m, который для Полярной имеет огромное численное значение.

Пример. 17 октября 1928 г. в Н.-Новгороде ($\varphi = 56° 20'$, $\lambda = 2^ч\ 56^м$) наблюдалась звездная пара α М. Медвед. ($\alpha = 1^ч\ 36^м\ 57^с$, $\delta = +88° 55' 17''$) и η Б. Медвед. ($\alpha' = 13\ 44^м\ 42^с$, $\delta' = +49° 40' 15''$). В момент наблюдения показание часов было $T' = 0^ч\ 5^м\ 10^с$, переведя это время на звездное, найдем $s' = 1^ч\ 45^м\ 41^с$. Далее будем иметь. $t' = 180° 14' 15''$, $\alpha' - \alpha = 181° 58' 45''$, $M = 180° 17' 27''$, $y + M = 180° 3' 26''$ и $y = -0° 14' 1''$ или $x = -56$ сек. Таким образом часы были впереди на 56 сек.

Определение широты. Из формулы (2) видно, что широту φ можно определить, если наблюдения производить в такой части неба, где $\sin(\alpha' - \alpha)$ не равно нулю, т. е. если наблюдение произведено не в меридиане.

Вычисление показывает, что для того чтобы ошибка в показании часов не оказала влияния на результат, на-

блюдения необходимо производить в первом вертикале*). Здесь ошибка во времени, доходящая даже до нескольких минут, не будет иметь значения, если только тщательно следить за тем, чтобы обе звезды действительно находились одновременно на краю отвеса.

Об этом последнем обстоятельстве будет тем легче судить, чем дальше будет отстоять нижняя звезда от верхней, потому что прямая линия тем точнее проводится через две данные точки, чем далее эти точки друг от друга. Поэтому нижнюю звезду в случае определения широты следует брать не ближе, чем на расстоянии 50° от верхней. Переводить глаз с верхней звезды на нижнюю здесь не представляет затруднения, так как вблизи первого вертикала нижняя звезда почти не перемещается относительно отвеса. Благодаря этой медленности движения, можно обе звезды устанавливать попеременно то на правом, то на левом краю отвеса, что представляет весьма полезный контроль.

Продифференцировав по времени урав. (2), найдем:

$$d\varphi = ds \frac{\cos^2\varphi \ (\mathrm{tg}\delta' \cos t - \mathrm{tg}\delta \cos t')}{\sin(\alpha' - \alpha)}$$

Отсюда видно, что при конечном значении величины ds ошибка $d\varphi$ широты обратится в нуль, когда $\mathrm{tg}\delta' \cos t = \mathrm{tg}\delta \cos t'$. Но это равенство будет существовать тогда, когда в сферич. треугольнике PZS (черт. 5) угол A прямой, т. е. когда обе звезды будут находиться на первом вертикале, что можно видеть из равенств (1), положив в них $A = \pm 90°$.

---

*) *Примечание редакции.* Более детальное рассмотрение вопроса показывает, что если две звезды находятся на краю отвеса при азимуте $90° - \alpha$, то чрез некоторый промежуток времени они вновь будут видны на краю отвеса на азимуте $90° + \alpha$, где α есть расстояние от 1-го вертикала. Чем ближе к первому вертикалу производятся наблюдения, тем меньше α; следов. при наблюдениях весьма близких к первому вертикалу (напр. на расстоянии 1°—2°) обе звезды будут казаться наблюдателю на краю отвеса в продолжение нескольких минут, почему уловить момент одновременного прохождения их через отвес практически невозможно. В виду этого рекомендуется подбирать такие звезды, которые проходили бы одновременно чрез отвес на расстоянии не менее 7—8° от первого вертикала.

Выше было указано, как определить поправку часов, если известна широта, и как определить широту, если известна поправка часов. Если неизвестны обе величины, то их нетрудно найти путем последовательных приближений, так как для определения поправки часов достаточно знать грубо приближенное значение широты, а для определения широты — грубо приближенное значение поправки часов. Поэтому в подобном случае наблюдаем две звездные пары — одну вблизи меридиана, другую вблизи первого вертикала. Затем, принимая для φ какое-нибудь грубо приближенное (хотя бы даже гипотетическое) значение, вычисляем по первой паре поправку часов, которая выйдет не совсем точной в виду неточного значения принятой широты. С этой приближенной поправкой часов вычисляем по второй паре более точное значение широты, с которым повторяем все вычисления в том же порядке. Таким образом найдем и широту, и местное время.

В заключение рассмотрим пример определения широты. 24 сент. 1928 г. в Н.-Новгороде ($\varphi = 56° 19' 40''$, $\lambda = 2^ч 56^м 2^с$) наблюдалась вблизи западной части 1-го вертикала ($A = +99° 25'$) звездная пара γ Дракона и α Сев. Короны. Показание часов в момент прохождения этой пары через отвес было $8^ч 46^м 40^с$, поправка часов была $-1^м 5^с$, следов. верное среднее время наблюдения $8^ч 45^м 35^с$. Координаты звезд по «Conn. des Temps» на 1928 г. были:

$$\alpha = 17^ч\ 54^м\ 56^с, \quad \delta = +51° 30' 3''$$
$$\alpha' = 15^ч\ 31^м\ 39^с, \quad \delta' = +26° 57' 27''$$

Зв. время в ср. полдень в Н.-Новгороде $s_0 = 12^ч 11^м 48^с$, зв. время наблюдения $s = 20^ч 58^м 49^с$, $t = +45° 58' 15''$, $t' = +81° 47' 30''$. С этими величинами по форм. (2) получим $\varphi = 56° 19' 58''$.

8. Определение долготы из наблюдений лунных покрытий.

Зная поправку часов и географическую широту места можно определить долготу из наблюдения покрытий звезд Луною. Ниже даны два способа определения долготы: полуграфический и вычислительный.

1. *Полуграфический способ.* Положим, что мы наблюдали начало покрытия в момент T ср. местн. времени. Взяв τ_0, h_0, δ, p', q_0 и q' из таблицы покрытий имеем

$$h_0 + (T - \tau_0) = t,$$

где t есть часовой угол звезды в момент наблюдения в данном месте. Действительно, $T-\lambda$ есть ср. Гр. время начала покрытия в данном месте, следовательно $h_0+(T-\lambda-\tau_0)=h$ есть часовой угол звезды в Гриниче в момент $T-\lambda$. Отсюда находим

$$h_0+(T-\tau_0)=h+\lambda=t.$$

С полученной величиной t вычисляем приближенно величины u и v для моментов τ_0 и τ_{-1}, если начало покрытия случилось ранее τ_0, или для моментов τ и τ_{+1}, если начало покрытия случилось позднее τ_0:

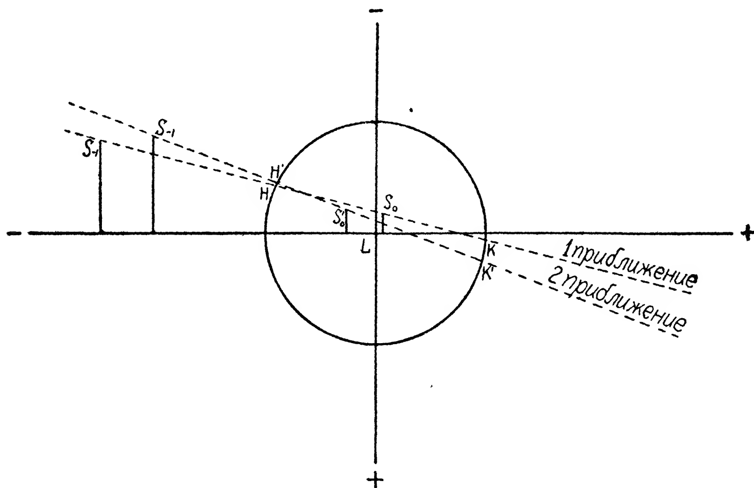
$$u=\rho\cos\varphi'\sin t$$
$$v=\rho\sin\varphi'\cos\delta-\rho\cos\varphi'\sin\delta\cos t.$$

Далее находим координаты двух точек S_0 и S_{-1}

Для точки S_0 (в момент τ_0) $\begin{cases} p-u=-u \\ q-v=q_0-v \end{cases}$

Для точки S_{-1} (в момент τ_{-1}) $\begin{cases} p-u=-p'-u \\ q-v=q_0-q'-v \end{cases}$

Вычерчиваем в произвольном масштабе окружность, представляющую диск Луны (черт. 6). Радиус ее принимаем



Черт. 6.

равным 0.273; через центр окружности проводим две взаимно перпендикулярные линии—системы координат. Положительные значения координат $p-u$ и $q-v$ условимся откладывать соответственно вправо и вниз, отрицательные—влево и вверх. Прямая, проведенная через точки S_0 и S_{-1} представляет приближенно путь звезды относительно Луны и пересекает окружность в двух точках, левая точка *н* соответствует началу покрытия, правая *к*—концу покрытия. Если мы наблюдали начало покрытия, то измерим расстояния $нS_0$ и $S_{-1}\,S_0$. Тогда искомая долгота во времени от Гринича λ получится из

$$\lambda = (T - \tau_0) - \frac{нS_0}{S_{-1}\,S_0}.$$

Действительно, отношение $\frac{нS_0}{S_{-1}\,S_0}$ есть промежуток времени в часах между моментом T наблюдения и моментом T_0 соединения Луны и звезды в прямом восхождении по местному времени. Этот промежуток равен $\tau - \tau_0$, где τ есть Гриничск. время в момент T и τ_0—Гриничск. время соединения; следовательно $T - T_0 = \tau - \tau_0$; но $\tau = T - \lambda$, откуда $T - T_0 = T - \lambda - \tau_0$ или $\lambda = (T - \tau_0) - (T - T_0)$.

Найдя приближенно долготу, мы можем теперь более точно определить углы t для вычисления u и v и, следовательно, получить более точное значение для λ.

Пример. 24 февраля 1912 г. в Ленинграде наблюдалось начало покрытия δ Овна в 4 ч. 46.4 м. средн. Ленингр. времени. Здесь $\varphi = 59^\circ\ 56'.5$, $\lg\rho\sin\varphi' = 9.9354$, $\lg\rho\cos\varphi' = 9.7008$. Из таблицы элементов имеем: $\tau_0 = 3$ ч. 11.6 м.; $h_0 = -1$ ч. 42.0 м. $= 334^\circ\ 30'.0$; $\delta = +19^\circ\ 23'.8$; $p' = +0.5468$; $q_0 = +0.5832$; $q' = +0.2033$. Для t получаем: $t = -1$ ч. 42.0 м. + (4 ч. 46.4 м. — 3 ч. 11.6 м.) = — 0 ч. 7.2 м. = $-1^\circ\ 48'$. С этой величиной t находим: $u = -0.0158$; $v = +0.6462$.

для точки S_0: $p - u = +0.0158$; $q - v = -0.0630$;
для точки S_{-1}: $p - u = -0.5626$; $q - v = -0.2661$.

Далее находим: $нS_0 = 26$; $S_{-1}\,S_0 = 61.2$, откуда

$$\frac{нS_0}{S_{-1}\,S_0} = -0.425 \text{ ч.} = -25.5 \text{ м.}$$

Таким образом $\lambda = 1$ ч. 34.8 м. + 25.5 м. = 2 ч. 0.3 м. С этой долготой находим более точные значения часовых углов;

для момента τ_0 : $t = 4^\circ\ 34'.5$
для момента τ_{-1}: $t = 349^\circ 32'.0$

и вновь вычисляем $p-u$ и $q-v$:

для точки S_0 : $p-u=-0.0400$; $q-v=-0.0635$;
для точки S_{-1} : $p-u=-0.4556$; $q-v=-0.2690$;

отношение $\frac{nS_0}{S_{-1}S_0}$ будет равно -0.444 ч. $=-26.6$ м.; ле о а тельно $\lambda=2$ ч. 1.4 м.

Подобным же образом определяется долгота из наблюдений конца покрытия.

2. *Вычислительный способ.* Более точные результаты можно получить, применяя лишь вычислительные приемы. Здесь мы будем пользоваться обозначениями, принятыми в статье о вычислении покрытий по способу Бесселя. Тогда элементы покрытия будут: T_0, H_0, D, x', y_0, y'. Если момент наблюдения по ср. местному времени был T', то соответствующее Гриничское время будет $T'-\lambda$, где λ есть долгота места.

Промежуток времени между этим моментом и моментом T_0 равен $T'-\lambda-T_0$; тогда $x=x'(T'-\lambda-T_0)$; $y=y_0+y'(T'-\lambda-T_0)$. Положим, что нам известна приближенная величина долготы λ', т. е. $\lambda=\lambda'-d\lambda$; в таком слае $x=d\gamma$ $=x'(T'-\lambda-T_0)+x'd\lambda$; $y=y_0+y'(T'-\lambda'-Ty_{\lambda^0}+y)$

Назовем через X величину $x'(T'-\lambda-T_0)$ и через Y величину $y_0+y'(T'-\lambda-T_0)$; тогда будем иметь

$$(X-\xi+x'd\lambda)^2+(Y-\eta+y'd\lambda)^2=k^2,$$

где ξ и η вычисляются из равенств

$$\xi=\rho\cos\varphi'\sin t$$
$$\eta=\rho\sin\varphi'\cos D-\rho\cos\varphi'\sin D\cos t.$$

Угол t, как и в предыдущем способе, равен

$$t=H_0+(T'-T_0).$$

Величина $d\lambda$ выражена в часах.

Полагая

$$m\sin M=X-\xi;\quad n\sin N=x'$$
$$m\cos M=Y-\eta;\quad n\cos N=y'$$

найдем:

$$\sin\psi=\frac{m}{k}\sin(N-M)$$

$$d\lambda = -\frac{m}{n}\cdot\frac{\sin(\psi - N + M)}{\sin\psi}$$

Пример. Взяв предыдущий пример, будем иметь: $T' = 4$ ч. 46.3 м.; $T_\odot = 3$ ч. 11.6 м.; $H_0 = 334°\ 30'$; $D = +19°\ 23'.8$; $x' = +0.5468$; $y' = +0.2033$; $y_0 = +5832$. Часов. угол t будет равен: $t = -0$ ч. 7.3 м. $= -1°\ 49'.5$; $\lg\rho \sin\varphi' = 9.93544$; $\lg\rho \cos\varphi' = 9.70084$; $\lg k = 9.43501$. Пусть приближенная долгота $\lambda' = 2$ ч. 1.0 м. Тогда вычисляем: $X = -0.2397$; $Y = +0.4941$; $\xi = -0.0160$; $\eta = +0.6462$; $X - \xi = -0.2237$; $Y - \eta = -0.1521$; $M = 235°\ 47'.2$; $N = 69°36'.3$; $N - M = -166°\ 10'.9$; $\lg m = 9.43219$; $\lg n = 9.76595$; $\psi = -166°16'.4$ и $d\lambda = -0.0031$ ч. $= -0.2$ м.; следовательно $\lambda = \lambda' - d\lambda = 2$ ч. 1.0 м. $+ 0.2$ м. $= 2$ ч. 1.2 м.

9. Радиосигналы времени.

В программу работ многих радиостанций в настоящее время включена передача так называемых сигналов времени, при помощи которых можно производить поверку времени с той или иной степенью точности, в зависимости от потребности. В тех случаях, когда нужно определить время с точностью до 0.5 с., таковое можно без труда получить, сравнивая радиосигналы времени с ударами часов или хронометра. Для этой цели очень удобно пользоваться сигналами широковещательных станций, которые могут быть приняты на обычные установки радиолюбителя. Эти сигналы времени или непосредственно передаются обсерваториями, как, напр., сигналы Науэна, или посылаются самими радиостанциями по часам, контролируемым по сигналам времени какой-нибудь обсерватории.

В таблице I приведен перечень сигналов времени некоторых радиотелефонных станций, преимущественно тех, которые без труда могут быть слышимы в той или иной области нашего Союза. Напр., станции Лахти и Мотала легко принимаются в Северо-Западной области, Каттовиц—в средней и южной полосе, Прага и Бухарест—на юге и т. д. Вообще говоря, сигналы этих станций слышимы во всей Европейской части СССР.

Точность сигналов, посылаемых станцией Науэн, обыкновенно не ниже 0.2 с., несколько труднее установить точность сигналов других станций; в общем сигналы времени, передаваемые голосом или при помощи фонических приспособлений, могут считаться точными до одной се-

кунды. Мы старались выбрать станции с тем расчетом, чтобы поверку времени можно было бы производить в различные часы дня, но, как легко видеть из таблицы, подача сигналов времени падает на полуденные или на вечерние часы.

В тех случаях, если требуется знать время с точностью до 0.01 с., следует прибегать к помощи т. н. ритмических сигналов. Мы не можем останавливаться здесь на том, как принимаются эти сигналы и отсылаем читателя к библиографии, упомянутой в конце статьи; упомянем только, что в этом случае предполагается поверка не простых часов, а хронометра, поправку которого определяют, отмечая момент совпадения его ударов с ритмическими сигналами, передаваемыми при помощи особых часов, продолжительность качаний которых составляет приблизительно 0.98 средн. секунды. Опыт приема ритмических сигналов показывает, что ошибка одного совпадения составляет около 0.02 с. и, следовательно, результат приема четырех совпадений точен до 0.01 с.

В большинстве случаев ритмические сигналы передаются очень мощными радиостанциями, работающими на больших длинах волн. Впрочем, в последнее время подобные передачи начинают производить и при помощи коротких волн, порядка 20—30 метров. Обычно наряду с ритмическими сигналами передаются и сигналы времени. Программы самих передач являются очень индивидуальными, но среди них преобладают две системы: международная и американская. В настоящей заметке мы остановимся только на международной схеме, т. к. ею пользуются наиболее мощные европейские станции, сигналы которых сравнительно легко могут быть приняты по крайней мере в Европейской части СССР. Что касается до сигналов американских станций, то ввиду дальности расстояний прием их чрезвычайно затруднителен и может производиться только при наличии больших технических средств.

При современном развитии радиолюбительства прием радиосигналов времени с технической стороны может быть легко осуществлен. Как уже говорилось выше, в настоящее время сигналы времени некоторых обсерваторий пе-

Табл. I. Сигналы времени широковещательных радиостанций.

Станция	λ	Мощность в кв.	Средн. Грин. вр. передачи	Характер сигналов
Берлин	483.9	4	11 ч. 55 м.—12 ч. 0 м.	трансляция сигналов времени Науэна, старая схема *).
Бреславль	322.6	4	11 ч. 55 м.—12 ч. 0 ч.	
Гамбург	394.7	4	11 ч. 55 м.—12 ч. 0 ч.	
Кенигсберг	303	4	11 ч. 55 м.—12 ч. 0 ч.	
Мотала	1380	30	11 ч. 55 м.—12 ч, 0 ч.	
Лахти	1523	35	10 ч. 59 м.	
Прага	348.9	5	11 ч. 0 м. и 21 ч. 0 м.	
Буда-Пешт	556.6	20	12 ч. 0 м. и 19 ч. 0 м.	
Ленинград	1000	18		
Каттовиц	422	10	18 ч. 59 м.—19 ч. 0 м.	в 59 м. 5 с. передается 5• 6— » 59 м. 15 с. » 15• 16• 17— » 59 м. 25 с. » 25• 26• 27• 28— » 59 м. 35 с. » 35• 36• 37• 38• 39— » 59 м. 45 с. » 45• 46• 47• 48• 49• 50— » 59 м. 55 с. » 55• 56• 57• 58• 59• 60• Сигналы передаются из Варшавской обсерватории; цифры, стоящие над точками и тире обозначают секунды передачи соответствующ. сигналов.
Мотала	1380	30	19 ч. 0 м.	

*) Эти сигналы передаются Гамбургской морской обсерваторией; схему передачи см. в табл. III.

Табл. II. Станции, передающие сигналы времени и ритмические сигналы.

Станция	Координаты	Позывн.	λ	Среднее Гриническое время передачи	Характер передачи
				ч. м. с. — ч. м. с.	
Науэн	52° 35′ −12° 50′	POZ	3100, 18000	23 55 0 — 24 0 0	Сигн. врем.; стар. схема
Науэн			»	0 1 0 — 0 5 54	Ритм. сигн.; стар. схема
Париж	48° 52′ − 2° 18′	FL	32	7 55 30 — 8 0 0	Сигн. врем.; нов. схема
Бордо	44° 50′ + 0° 31′	LY	18900	7 55 30 — 8 0 0	» »
Париж			32	8 1 0 — 8 6 0	Ритм. сигн.; нов. схема
Бордо			18900	8 1 0 — 8 6 0	» »
Париж			2650	9 25 30 — 9 30 0	Сигн. врем.; нов. схема
Париж			»	9 31 0 — 9 36 0	Ритм. сигн.; нов. схема
Регби	52° 22′ +10° 11′	GBR	18740	9 55 0 — 10 0 0	» »
Науэн			3100, 18000	11 55 0 — 12 0 10	Сигн. врем.; стар. схема
Науэн			»	12 1 0 — 12 5 54	Ритм. сигн.; стар. схема
Ташкент		RKU	45	16 58 0 — 17 6 0	Ритм. сигн.; нов. схема

Регби			18740	17 55 0 — 18 0 0	Ритм. сигн.; нов. схема
Детское Село	59° 46′ —30° 15′	RET	3820	21 55 0 — 22 0 0	Сигн. врем.; русск. схема
			»	22 1 0 — 22 6 0	Ритм. сигн.; нов. схема
Сайгон	10° 50′ —106° 40′	HZA			
Париж			15800 25	19 0 0 — 19 5 0	» »
Бордо			32	19 55 30 — 20 0 0	Сигн. врем.; нов. схема
Париж			18900	19 55 30 — 20 0 0	» »
Бордо			32	20 1 0 — 20 6 0	Ритм. сигн.; нов. схема
Москва	55° 45′ —37° 34′	RAJ	18900	20 1 0 — 20 6 0	» »
Москва			7400	20 55 0 — 21 0 0	Сигн. врем.; русск. схема
Париж			»	21 1 0 — 21 6 0	Ритм. сигн.; нов. схема
Париж			2650	22 25 30 — 22 30 0	Сигн. врем.; нов. схема
			»	22 31 0 — 22 36 0	Ритм. сигн.; нов. схема

Подробности, касающиеся программ передачи сигналов времени и ритмических сигналов приводятся в таблице III.

Таблица III. Программы передачи сигналов времени и ритмических сигналов.

I. Сигналы времени

а) старая схема

от 55^m	00^s	до 56^m	50^s	буква *X*, позывные и буквы *M. G. Z.* (c	
» 57	00	» 57	50	предупредит. сигналы, буква *X* (— · · —)	
» 58	08	» 58	50	» » » *N* (— ·)	
» 59	06	» 59	50	» » » *G* (— — ·)	
» 57	55	» 58	00	сигналы времени, 1 группа	каждая группа содержит три секундных тире, разделенных промежутками в 1 сек.
» 58	56	» 59	00	» » 2 »	
» 59	55	» 00	00	» » 3 »	

За момент сигнала в каждой группе считается конец последнего тире.

б) новая схема

от 55^m	30^s	до 56^m	0^s	буква *X*, позывные и буквы *B. I. H.* (Международное Бюро Времени).	
» 56	05	» 56	50	13 тире; среднее тире имеет продолжительность 5 сек., остальные—1 сек.	
» 57	00	» 57	50	предупредительные, буква *X*	
» 58	08	» 58	50	» » *N*	
» 59	06	» 59	50	» » *G*	
» 57	55	» 58	00	сигналы времени, 1 группа	Каждая группа содержит шесть коротких штрихов. Первый штрих дается в 55*s*, последний в 0*s*. За момент сигнала считается начало штриха.
» 58	55	» 59	00	» » 2 »	
» 59	55	» 00	00	» » 3 »	

c) русская схема

от	55^m	00^s	до	55^m	25^s	— буква *Ж*, позывные
»	55	30	»	57	40	сигналы от звездных часов, секундные тире с промежутками в 1^s
»	58	20	»	58	45	предупредительные, буква *М* (— —)
«	59	20	»	59	45	» » *О* [— — —)
»	57	55	»	58	00	сигналы времени, 1 группа } см. сигналы времени, новая схема.
»	58	55	»	59	00	« » 2 »
»	59	55	»	00	00	» » 3 »

2. Ритмические сигналы.

a) старая схема

от $1^m\ 00^s$ до $5^m\ 54^s$ передается 301 сигнал, при чем сигналы №№ 1, 61, 121, 181, 241 и 301 суть полусекундные тире, остальные сигналы — короткие точки. Интервал между этими сигналами составляет $0^s.9767$ ср. вр.

в) новая схема

от $1^m\ 00^s$ до $6^m\ 00^s$ передается 306 сигналов. Начало каждой минуты (сигналы №№ 1, 62, 123, 184, 245 и 306) отмечается штрихом, продолжительностью около $0^s.5$. Остальные сигналы суть короткие точки, интервалы между которыми равны $0^s.9836$ ср. вр.

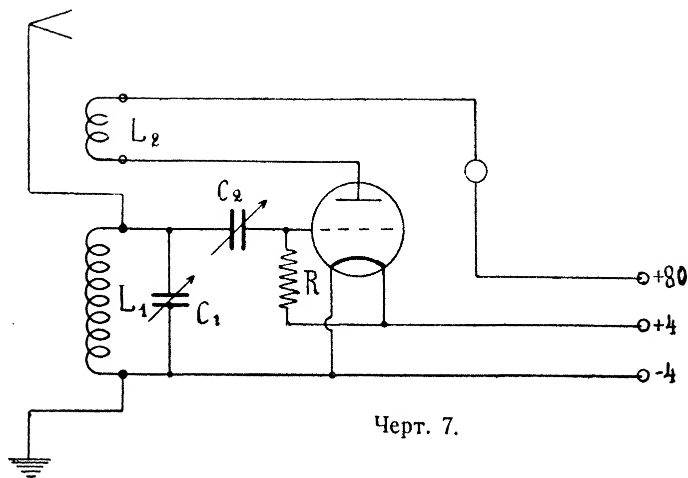
Примечание. Точные моменты ритмических сигналов французских станций публикуются в бюллетенях Международного Бюро Службы Времени *(Bulletin Horaire)*, русских станций—в бюллетенях Комитета Службы Времени при Пулковской Обсерватории, станции Науэн - в „*Beobachtungs-Zirkular der Astronomischen Nachrichten*“ и станции Регби— в „*Admiralty Notice to Mariners*“.

редаются через широковещательные радиостанции и прием их не требует никаких переустройств и дополнений в конструкции обычных радиолюбительских приемников.

Несколько иначе обстоит дело со станциями, передающими ритмические сигналы. Станции эти по длине волны выходят далеко за диапазон обычных устройств, предназначенных для приема широковещания и ограниченных пределами от 250—300 метров до 2000—2500 метров. Как видно из табл. II, ближайшая к этим пределам станция Эйфелевой Башни, уже не может быть принята в этих условиях; можно, однако, легко расширить диапазон своего приемника путем соответствующего подбора катушек самоиндукции. Любители, пользующиеся широко распространенными регенеративными приемниками со вставными катушками самоиндукции, могут принимать все указанные в таблице станции с длинными волнами, дополнив обычный ассортимент катушек от 25 до 200 витков катушками в 600, 1000 и 1500 витков. Катушки эти могут быть как сотовыми, так и многослойными рядовыми. Проще всего сделать круглый деревянный сердечник диаметром 5—6 *см* и толщиной 7—8 *мм* и, приделав к нему с боков фанерные или картонные щечки диаметром 10—15 *см* в зависимости от числа витков, наматывать между ними сплошной намоткой нужное количество витков проволокой 0.2—0.5 *мм*. Катушки при этом получаются больших размеров и тяжелые; держатели с ручками переменной связи должны быть очень солидными и оси их располагаются в вертикальной плоскости.

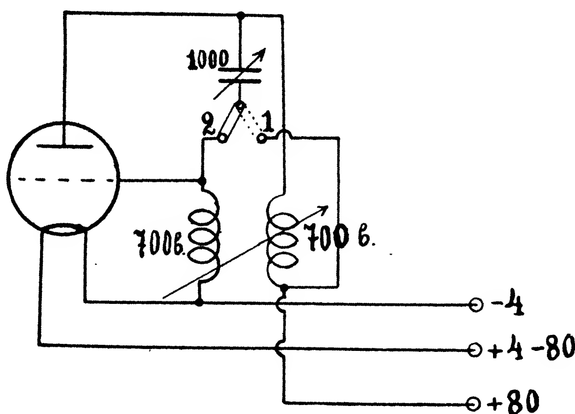
В том случае, когда имеется налицо хорошо выполненный приемный аппарат с несколькими ступенями низкочастотного усиления и с катушками диапазона широковещательных станций, вделанными внутри, менять или дополнять последние представляется неудобным, и в этом случае проще присоединить к приемнику простую одноламповую приставку, включаемую штепселем, сделанным из цоколя перегоревшей катодной лампы. Штепсель этот втыкается на место вынутой катодной лампы; антенна и земля приключаются при этом к соответствующим зажимам приставки.

Схема выполнения этого добавочного устройства, в виде отдельной аудионной лампы со сменными самоиндукциями приведена на черт. 7.



Черт. 7.

Все станции, работающие на длинных волнах, излучают обычно незатухающие колебания, которые могут быть



Черт. 8.

приняты на слух по методу биений. Сущность метода заключается в том, что при одновременном действии на приемное устройство двух незатухающих колебаний с небольшою разностью частот, в цепи детекторной лампы появляется в результате их интерференции синусоидальное изменение силы тока с частотой, равной разности частот этих колебаний. Это изменение воспроизводится телефоном как звук соответствующей высоты. В случае регенеративного приемника эти колебания возникают в самом приемнике при достаточной регенерации и, интерферируя с приходящими сигналами, позволяют принимать их на слух.

При длинных волнах прием на слух при помощи саморегенерации не всегда удобен, ввиду необходимости принимать вне точной настройки, что представляется особенно существенным при большом количестве радиостанций, работающих на длинных волнах в сравнительно узком диапазоне. В этом случае пользование особым генератором незатухающих колебаний дает значительные преимущества. Примерная схема подобного генератора приведена на черт. 8.

Настройка на слышимый тон при помощи отдельного гетеродина является более важной, чем настройка приемного контура, и поэтому представляется желательным произвести предварительно хотя бы приблизительную градуировку на длину волны. При приеме с гетеродином не следует давать большую регенерацию на приемном контуре, чтобы не вызвать возникновения собственных колебаний в приемнике. Связь гетеродина с приемником обычно получается достаточной при нахождении обоих приборов на одном столе, употреблении одних батарей и т. п.

При желании изменить связь для наилучшей слышимости, можно пользоваться небольшой катушкой, включаемой последовательно в антенный провод или в самоиндукцию приемника. Связь этой катушки с катушками гетеродина может меняться тем или иным ее перемещением.

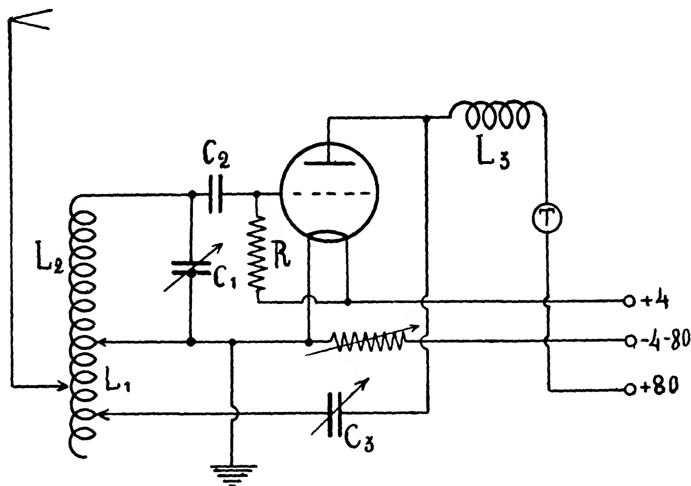
В настоящее время получает широкое распространение телеграфирование короткими волнами порядка 15—100 метров. Целый ряд станций передает на этих волнах сигналы времени. Приемная аппаратура для коротких волн является

крайне несложной, но самое манипулирование приемником, так же как и изготовление его, требует некоторого навыка и сознательного отношения к процессам приема и усиления. При соблюдении этих условий успех надо считать обеспеченным, а удовольствие от приема станций крайне далеких и маломощных вполне окупит все труды и разочарования, которые на первых порах представляются почти неизбежными.

Мы приводим здесь две простейших схемы для приема коротких волн (черт. 9 и 10). Оба приемника с обратным воздействием и отличаются лишь способами его регулировки.

Значение указанных на чертежах деталей следующее:

C_1 — переменный конденсатор 200 — 250 *см*, непременно с точной настройкой. При отсутствии последней необходим

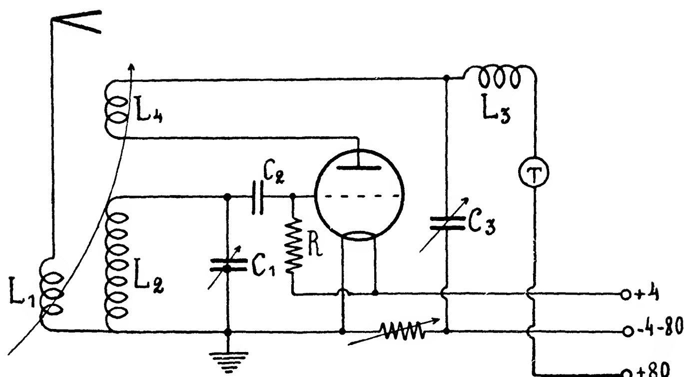


Черт. 9.

добавочный параллельно приключенный конденсатор емкостью 0 — 30 *см*.

C_2 — слюдяной или, лучше, воздушный конденсатор постоянной емкости 200 — 250 *см*.

C_3 — переменный конденсатор 250 — 300 *см*.



Черт. 10.

L_1 и L_2 — катушки самоиндукции, имеющие следующую величину:

при длине волны	20— 50 *м*	L_1—5-6	витков	L_2—6-7 витков
„ „ „	35—100 *м*	L_1—8-9	„	L_2—11-12 „
„ „ „	70—180 *м*	L_1— 9	„	L_2—18-20 „

при диаметре витков 8 *см*.

Число витков катушки L_4 раза в два больше, чем L_2; катушка L_3 — 40-50 витков.

Что касается конструктивного выполнения, то катушки L_1 и L_2 делаются из толстой медной проволоки или трубки 3—6 *мм* в диаметре с расстоянием между витками 1 *см*. L_3 и L_4 — обычные однорядные или сотовые катушки. Переменные конденсаторы снабжаются длинными рукоятками для устранения емкостного влияния при настройке. Для той же цели стенки приемника оклеиваются фольгой или обиваются листовым металлом, и экран этот заземляется.

Вместо телефона T можно включить первичную обмотку трансформатора для последующего усиления одним или двумя каскадами низкой частоты.

При коротких волнах могут с большим успехом применяться схемы суперрегенеративные и супергетеродинные; однако при двух — трех лампах в обычной схеме можно получить хороший прием и употребление сложных многоламповых схем не представляется необходимым.

При наличии какого-либо приемника с низко частотным усилением крайне просто изготовить одноламповую коротковолновую приставку, подобно тому, как это указывалось для длинных волн.

Возможность приема сигналов той или иной станции зависит от расстояния и усилительных свойств приемника. На детекторный приемник при хорошей антенне можно надежно принимать Ленинградскую радиостанцию на 150—200 *км*, Московскую на 300—400 *км*, районные 4 *kw* на 50—100 *км*, 2 *kw* на 40—60 *км* и 1 *kw* на 25—30 *км*. Эти данные относятся к достаточно громкому приему. Колебания в ту или иную сторону могут быть весьма значительны в зависимости от времени, местных условий и тщательности выполнения приемной схемы. В исключительных случаях на всей территории Европейской части Союза на детектор удается слушать не только Москву, но и несколько крупных европейских станций.

На одноламповый регенеративный приемник можно уверенно принимать на всей территории Европейской части СССР Московскую и Ленинградскую широковещательные станции, и местные в зависимости от положения. Из заграничных надежно принимаются 5—6 крупнейших.

Хорошо слышны длинноволновые станции, передающие сигналы времени, — Бордо, Париж и Регби, а также Москва и Детское Село. Двухламповый приемник сильно повышает слышимость указанных выше станций. С трехламповым приемником можно принимать сигналы крупнейших русских и иностранных станций на громкоговоритель.

При приеме ритмических сигналов на слух весьма выгодно пользоваться методом Кука с тем его видоизменением, которое предложено Н. Х. Прейничем (см. статью последнего в «Изв. Русск. Астр. О-ва», вып. XXV № 5—9).

БИБЛИОГРАФИЯ.

1. *Н. Х. Прейнич.* Измерение времени и его поверка по радиотелеграфу. Поверочное дело № 3, 1926.
2. *Н. Днепровский.* Время и его измерение. ЛГ, 1924.
3. *М. А. Смирнова.* Служба точного времени. ГИЗ, МСК, 1928.
4. Приложения к Астр. Ежегоднику Астрономического Института.
5. Бюллетени Комитета Службы Времени при Пулковской Обсерватории.

Добавление 1.

Интерполирование.

Если мы имеем две величины, связанные между собой какой-либо зависимостью, напр., математической формулой, и станем давать одной из них различные произвольные значения, то другая величина будет также получать различные значения в зависимости от первой. Та величина, которая изменяется по нашему произволу, носит название *независимой переменной* или *аргумента*. Другая величина, зависящая от первой, будет называться *функцией* этого аргумента.

Когда зависимость между величинами выражена математически, то для любого аргумента нетрудно определить значение соответствующей функции, или, обратно, по данной функции определить соответствующий аргумент. В этом случае вопрос сводится к решению уравнения, связывающего обе величины. Но если математическая зависимость между аргументом и функцией нам неизвестна и мы имеем только ряд значений функции, соответствующих определенным аргументам, т.-е., другими словами, имеем таблицу, в которой показаны различные числовые величины функций при данных значениях аргумента, то в этом случае для вычисления тех промежуточных значений функции, которых не находится в таблице, применяется процесс, носящий название *интерполирования*.

В практике пользования таблицами иногда достаточно принять, в первом приближении, изменение функции пропорциональным изменению аргумента; тогда нахождение промежуточного значения функции сведется к решению пропорции*). Часто, однако, применение такого *линейного*

*) См., напр., пример в отд. II на пользование табл. 15 отд. VI.

интерполирования не удовлетворяет требуемой степени точности, и тогда необходимо пользоваться особыми интерполяционными формулами.

Обыкновенно таблицы составляются таким образом, что аргумент изменяется на одно и то же число.

Если обозначим чрез x_0 начальное значение аргумента и чрез h табличное его изменение, то в таблице найдем значения функции при аргументах $x_0 - h$, x_0, $x_0 + h$, $x_0 + 2h$, $x_0 + 3h$ и т. д. Пусть эти значения функции будут y_{-1}, y_0, y_1, y_2, y_3...

Назовем разности $y_0 - y_{-1}$, $y_1 - y_0$, $y_2 - y_1$, $y_3 - y_2$ и т. д. разностями первого порядка и обозначим соответственно через a_0, a_1, a_2, a_3 и т. д. Назовем разности $a_1 - a_0$, $a_2 - a_1$, $a_3 - a_2$ и т. д. разностями 2-го порядка и обозначим через b_1, b_2, b_3 и т. д. Далее разности $b_2 - b_1$, $b_3 - b_2$... будем называть разностями 3-го порядка и обозначим их соответственно через c_2, c_3, c_4 и т. д.

Таким образом можно получить разности 4-го, 5-го и след. порядков; при этом для получения разностей всегда нужно вычитать из последующего значения предыдущее.

Все вышесказанное можно для наглядности представить в таблице:

Взяты из таблиц		Разн. 1-го пор.	Разн. 2-го пор.	Разн. 3-го пор.	Разн. 4-го пор.
Аргумент	Функция				
$x_0 - h$	y_{-1}				
		a_0			
x_0	y_0		b_1		
		a_1		c_2	
$x_0 + h$	y_1		b_2		d_3
		a_2		c_3	
$x_0 + 2h$	y_2		b_3		d_4
		a_3		c_4	
$x_0 + 3h$	y_3		b_4		
		a_4			
$x_0 + 4h$	y_4				

Разности выше 3-го порядка обыкновенно малы и ими редко пользуются.

Пусть по приведенной таблице разностей требуется вычислить y для значения аргумента промежуточного между x_0 и $x_0 + h$, например для значения $x_0 + \Theta h$, где Θ правильная дробь.

Очевидно, что величина y будет зависить от Θh, т.-е. явится функцией от Θh или $y = f(\Theta h)$. Хотя вида этой функции мы не знаем, но из математики известно, что всякую функцию приближенно с какой угодно точностью можно выразить через последовательные степени аргумента. Поэтому можно написать:

$$y = \alpha + \beta\Theta + \gamma\Theta^2 + \delta\Theta^3 + \ldots$$

Величина h, как постоянная, включена в неизвестные коэфициенты α, β, γ, δ... Задача заключается теперь в нахождении этих коэфициентов. Оказывается, что если даны только разности 1-го порядка, то можно вычислить только α и β и для y придется взять два члена разложения, т.-е. придется пренебрегать членами $\gamma\Theta^2$ и т. д.; если даны разности 2-го порядка, то можно определить коэфициент γ и т. д. Чем больше дано разностей, тем точнее мочно вычислить y.

Пусть нам даны y_0, y_1 и a_1, т.-е. дана разность только 1-го порядка. В этом случае придется взять $y = \alpha + \beta\Theta$; так как при $\Theta = 0$ y обращается в y_0, согласно таблицы, то $y_0 = \alpha$.

При $\Theta = 1$ к аргументу прибавится целое h и y обратится в y_1, т.-е. $y_1 = \alpha + \beta$, отсюда $y_1 - y_0 = \beta$ или $\beta = a_1$. Итак для этого случая получим

$$y = y_0 + \Theta a_1$$

Интерполирование по этой формуле предполагает, что изменение функции пропорционально изменению аргумента. Пусть даны y_0, y_1, y_2, a_1, a_2, b_2, т.-е. 2-я разность; тогда

$$y = \alpha + \beta\Theta + \gamma\Theta^2$$

При $\Theta = 0$ $y_0 = \alpha$ (1)

$\Theta = 1$ $y_1 = \alpha + \beta + \gamma$ (2)

$\Theta = 2$ $y_2 = \alpha + 2\beta + 4\gamma$ (3)

Из урав. (2) и (3) исключаем β и, принимая во внимание таблицу разностей, найдем:

$$\gamma = \frac{b_2}{2}$$

После этого находим:

$$\beta = a_1 - \frac{b_2}{2}$$

Теперь получаем:

$$y = y_0 + \left(a_1 - \frac{b_2}{2}\right)\Theta + \frac{b_2}{2}\Theta^2 = y_0 + a_1\Theta + \frac{\Theta(\Theta - 1)}{2} b_2$$

Аналогичным способом, если бы желали воспользоваться разностями 3-го, 4-го порядка и т. д, то получили бы

$$y = y_0 + \Theta a_1 + \frac{\Theta(\Theta - 1)}{1\,.\,2} b_2 + \frac{\Theta(\Theta - 1)(\Theta - 2)}{1\,.\,2\,.\,3} c_3 + \ldots$$

Эта формула называется интерполяционной формулой Ньютона.

Для удобства пользования формулу можно представить в виде

$$y = y_0 + \Theta\left\{a_1 + \frac{\Theta - 1}{2}\left\{b_2 + \frac{\Theta - 2}{3}\left\{c_3 + \frac{\Theta - 3}{4}\left\{d_4 + \ldots\right\}\right.\right.\right.$$

Для примера вычислим склонение Луны 1 янв. 1928 г. в $10^ч$ вечера поясного времени для Н.-Новгорода, имея таблицу склонений Луны для Гринича, выписанную из Русск. Астр. Календаря на 1928 г.

x	*y*	*a*	*b*	*c*	*d*
1 янв. 0ч.	$+2^{0}\ 4'.8$				
		$+352'.8$			
2 „ „	7 57.6		$-21'.6$		
		$+331.2$		$-21'.7$	
3 „ „	13 28.8		-43.3		$-0'.5$
		$+287.9$		-22.2	
4 „ „	18 16.7		-65.5		
		$+222.4$			
5 „ „	21 59.1				

Указанный момент соответствует 1-му января $19^{ч}$ ср. Гриничск. времени, следов. здесь $y_0 = +2^{0}4'.8, h = 24^{ч}, \Theta = \frac{19}{24}$.

Применяя формулу Ньютона и пренебрегая 4-ми разностями, получим;

$$y = +2^{0}4'.8 + 279'.3 + 1'.8 - 0'.7 = +6^{0}45'.2$$

При интерполировании следует останавливаться на разностях такого порядка, наиб. возможная ошибка которых превышает абсолютную величину разностей следующего высшего порядка. В приведенном примере возможная наибольшая ошибка самой функции равна 0'.05, следовательно наибольшая ошибка 1-х разностей есть 0'.1, 2-х разностей 0'.2, 3-х разностей 0'.4. В нашем вычислении мы отбросили четвертые разности, хотя они могли быть приняты во внимание.

Если бы требовалось по той же таблице разностей найти склонение Луны для $8^{ч}$ вечера 31 декабря 1927 г., то это была бы задача *экстраполирования*.

Имея в виду, что здесь разности 4-го порядка незначительны, мы можем считать их приблизительно одинаковыми для всех аргументов, предшествующих 1 янв. $0^{ч}$, а потом постепенным сложением подсчитать, начиная с конца, разности 3-го, 2-го и 1-го порядков и наконец найти значение функции предшествующее, тому аргументу, который показан в таблице первым. Таким образом приближенная таблица функции и ее разностей будет продолжена до 31

дек. 1927 г. По этой таблице уже по формуле Ньютона вычисляется склонение Луны в указанный момент. В избранном нами примере таблица имела бы вид:

x	y	a	b	c	d
31 дек. 0ч	— 3° 49′.4				
		+ 353′.2			
1 янв.	+ 2 4.8		— 0′.4		
		+ 352.8		— 21′.2	
2 „	+ 7 57.6		— 21.6		— 0′.5
		+ 331.2		— 21.7	
3 „	+ 13 28.8		— 43.3		
		+ 287.9			
4 „	+ 18 16.7				

Иногда таблицы бывают составлены по двум аргументам. В этом случае для нахождения промежуточного значения функции необходимо прибегать к двойному интерполированию. Сначала находят ряд значений функции при данном значении первого аргумента и при разных значениях второго аргумента. Получив этот ряд находят интерполированием искомую функцию при заданном значении второго аргумента.

Пример. Пусть дана таблица величин $u = \rho \cos \varphi' \sin t$, т.-е. параллакса по прямому восхождению при вычислении покрытий по способу Ковальского. Здесь u увеличен в 1000 раз:

t \ φ	36°	40°	44°
1 ч.	210	199	187
2 ч.	405	384	360
3 ч.	573	543	510
4 ч.	701	664	624

и пусть требуется найти величину u при $\varphi = 37^0$ для $t =$ 1 ч. 20 м.

Найдем значение u при $t = 1$ ч. 20 м., т.-е. при $\Theta = {}^1/_3$ для $\varphi = 36^0$, а затем для 40^0 и 44^0.

$\varphi = 36^0$

t	u	a	b	c
1	210			
		+195		
2	405		—27	
		+168		—13
3	573		—40	
		+128		
4	701			

$u = 277$

$\varphi = 40^0$

t	u	a	b	c
1	199			
		+185		
2	384		—26	
		+159		—12
3	543		—38	
		+121		
4	664			

$u = 263$

$\varphi = 44^0$

t	u	a	b	c
1	187			
		+173		
2	360		—23	
		+150		—13
3	510		—36	
		+114		
4	624			

$u = 246$

Теперь составим новую таблицу

φ	u	a	b
36	277		
		—14	
40	263		—3
		—17	
44	246		

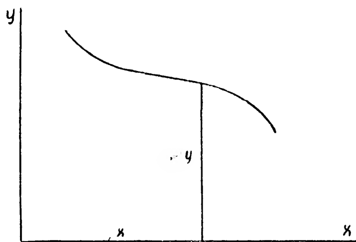
из которой находим искомое значение u при $\Theta = {}^1/_4$

$$u = 277 - \frac{1}{4} \cdot 14 + \frac{3}{32} \cdot 3 = 274.$$

Добавление г.

Корреляция.

Если зависимость между двумя переменными величинами x и y выражается математической функцией $y = f(x)$, то, взяв оси координат и откладывая на них значения x и y, удовлетворяющие уравнению $y = f(x)$, мы получим плавную кривую (черт. 11).

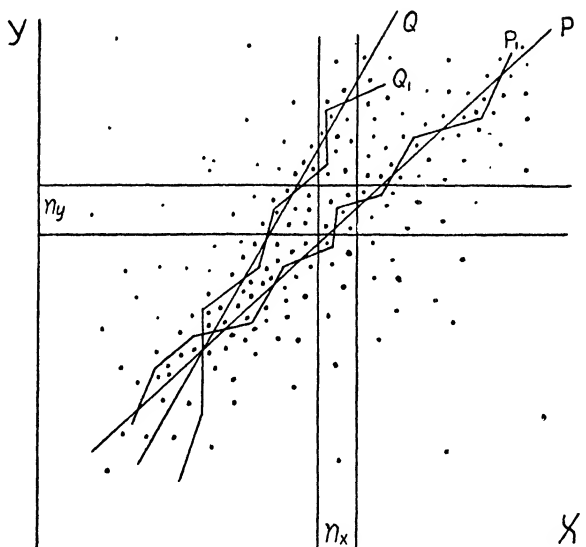


Черт. 11.

Совершенно другое получится, если X и Y не связаны зависимостью $Y = f(X)$, а значения их получаются из статистического материала. Если собрать, напр., статистические данные о росте сына (Y) в зависимости от роста отца (X) и нанести их на плоскость с помощью осей координат X и Y, то точки расположатся приблизительно как на черт. 12.

Задача корреляции заключается в том, чтобы узнать, находится ли между собою в зависимости X и Y и установить степень этой зависимости. В данном случае требуется узнать, насколько рост сына зависит от роста отца. Часть плоскости, занятую точками, будем называть *полем корреляции*. Разобьем поле корреляции прямыми параллельными оси Y на строи, которые назовем n_{x_1}, n_{x_2}, $n_{x_3}\ldots$, и прямыми, параллельными оси X на строи n_{y_1}, n_{y_2}, $n_{y_3}\ldots$ Подсчитаем среднее арифметическое Y для каждого строя n_x. В поле корреляции средние арифметические изобразятся точками a_1, a_2, $a_3\ldots$ Соединяя эти точки получим

ломаную P_1, которая называется *эмпирической линией регрессии* Y относительно X.



Черт. 12.

Таким же образом, подсчитав средние арифметические строев n_y и поставив соответствующие точки, получим ломаную Q_1, которая называется *эмпирической линией регрессии* X относительно Y.

Для использования ломаных P_1 и Q_1 нужно сгладить их углы; это равносильно тому, что мы отказываемся изучать индивидуальные особенности каждого строя и обращаем внимание на общее направление зависимости Y от X или X от Y.

Сглаживание ломаных P_1 и Q_1 приводим к прямым P и Q, даже если точки указывают на явное отклонение от прямых, т. к. выравнивание на кривую крайне затруднительно. Линии P и Q будем называть *теоретическими прямыми регрессии*.

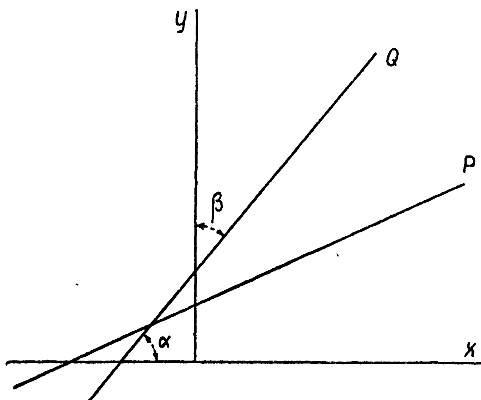
Для дальнейшего исследования перенесем начало координат в точку, соответствующую среднему арифметическому

всех X и Y в т. н. *центр распределения,* и новые оси координат назовем x и y.

Текущие координаты прямых P и Q в новых координатах будут обозначать отклонения от средних арифметических принятых нами теоретических значений координат.

Назовем угловые коэффициенты прямых P и Q через $\rho_y = \operatorname{tg}\alpha$ и $\rho_x = \operatorname{tg}\beta$, тогда уравнения этих прямых будут

$$y = \rho_y x + a \text{ и } x = \rho_x y + b.$$



Черт. 13.

Если коэффициент ρ_y мал (напр. 0.1), то это означает, что изменение x вызывает малое изменение y, т. е. y слабо зависит от x. Если ρ_x большой (напр. 0.8), то это показывает на значительную степень зависимости изменения x от изменения y.

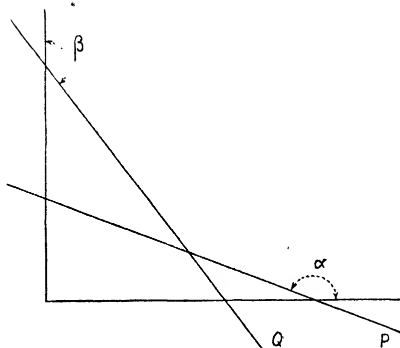
Корреляцией между x и y называется степень приближения x и y к строгой функциональной зависимости между собою.

Если оба коэффициента регрессии ρ_y и ρ_x малы, то очевидно зависимость x от y и обратно y от x слабая. Если один коэффициент велик, а другой мал, то это не означает, что x и y близки к функциональной зависимости. Мерой корреляции или коэффициентом корреляции принято называть $\pm\sqrt{\rho_x \rho_y}$, так что

$$r_{xy} = \pm\sqrt{\rho_x \rho_y} \tag{1}$$

Рассмотрим, какой геометрический смысл имеет r_{xy}.

По чертежу 13 имеем: $\rho_y = \operatorname{tg}\alpha$, $\rho_x = \operatorname{tg}\beta$. Если $\alpha = 0$ и $\beta = 0$, то $r_{xy} = 0$ и зависимости между y и x нет. Если зависимость между x и y функциональная, т. е. прямые регрессии P и Q сливаются в одну прямую, то β делается равным $90 - \alpha$ и $r_{xy} = \sqrt{\operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}(90 - \alpha)} = +\sqrt{\operatorname{tg}\alpha \operatorname{ctg}\alpha} = 1$.

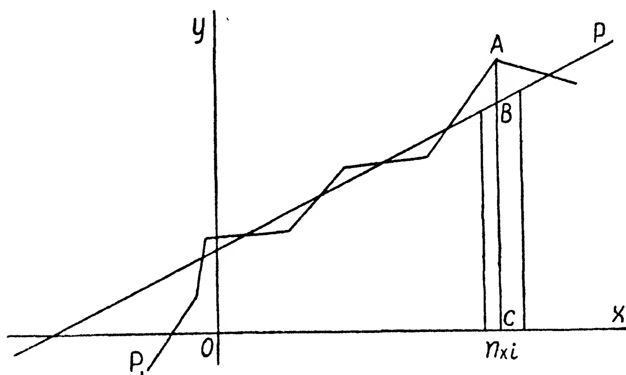


Черт. 14.

Отсюда ясно, что корреляция может изменяться от 0 до $+1$; это будет соответствовать случаю, когда y возрастает с возрастанием x.

Если бы y убывал с возрастанием x, то прямые регрессии расположились бы как на черт. 14, коэффициенты ρ_x и ρ_y были бы отрицательны и при функциональной зависимости $r_{xy} = -1$. Для этого случая корреляция меняется от 0 до -1.

Разберем теперь вопрос о том, как на практике вычи-



Черт. 15.

слить коэффициенты ρ_x, ρ_y и r_{xy}. Пусть имеем (черт. 15) эмпирическую ломаную регрессии и теоретическую прямую

регрессии относительно осей x, y; o — центр распределения. Чтобы получить уравнение прямой $y = \rho_y x + a$, возьмем уравнение $y = mx + p$ и, считая m и p переменными, будем искать, при каких условиях m обратится в ρ_y и p обратится в a.

Назовем расстояние AB от точки эмпирической линии регрессии до соответствующей точки теоретической линии регрессии через δ; тогда $\delta = AC - BC = y_1 - y$. Прямую P нужно провести так, чтобы она всего ближе подходила к ломанной; для этого, если пользоваться методом наименьших квадратов, нужно, чтобы сумма значений δ^2, вычисленная для всех строев n_x, была наименьшая. Но так как в разных строях разное число точек, то каждому δ^2 надо придать вес его в виде множителя, равного числу точек ν в строе. Т. о. нужно найти минимум выражения $\Sigma\nu\delta^2$, где сумма распространена на все строи.

Возьмем строй n_{xi}, в котором ν_i эмпирических точек, и вычислим сумму квадратов отклонений по оси y эмпирических точек (ординаты их будут $y_э$) от ординаты прямой P в строе. Эта сумма будет

$$\Sigma\nu (y_э - y)^2 = \Sigma\nu [(y_э - y_1) + (y_1 - y)]^2 = \Sigma\nu (y_э - y_1)^2 + \\ + 2\Sigma\nu (y_э - y_1)(y_1 - y) + \Sigma\nu (y_1 - y)^2$$

Суммы распространены на все точки одного строя, y_1 — среднее арифметическое для строя и потому общее во всех слагаемых. $\Sigma(y_э - y_1)^2$ есть сумма квадратов отклонений отдельных $y_э$ от среднего арифметического; ее можно считать равной $\nu_i \sigma_i^2$, если σ_i будет среднее отклонение от среднего арифметического в строе n_{xi}. Во втором члене $(y_1 - y)$, как постоянное, вынесется за сумму, а оставшееся $\Sigma(y_э - y_1)$ обратится в 0 по свойству среднего арифметического, и весь второй член будет 0. В третьем члене $(y_1 - y)^2$ есть δ^2, одно и то же для всего строя; поэтому третий член равен $\nu_i \delta^2$. После преобразований получим

$$\Sigma\nu (y_э - y)^2 = \nu_i \sigma_i^2 + \nu_i \delta^2$$

или, т. к. $y = mx + p$,

$\Sigma_\nu[y_э - (mx_э + p)]^2 = \nu_i\sigma_i^2 + \nu_i\delta^2$ (x и $x_э$ — одно и то же). Распространим написанное равенство на все строи n_x; тогда получим

$\Sigma_N [y_э - (mx_э + p)]^2 = \Sigma_N \nu_i \sigma_i^2 + \Sigma_N \nu_1 \delta^2$ (N — число всех точек).

Итак, чтобы найти ρ_y и a нужно подобрать m и p так, чтобы

$$\Sigma_N \nu_i \delta^2 = \Sigma_N [y_э - (mx_э + p)]^2 - \Sigma_N \nu_1 \sigma^2$$

было минимальным. По правилам дифференциального исчисления, чтобы найти значения m и p, при которых функция обращается в минимум, нужно приравнять нулю частные производные этой функции по p и по m. Сделав это, найдем два уравнения:

$$\Sigma_N[y_э - (mx_э + p)] = 0; \qquad \Sigma_N x_э \, [y^э - (mx_э + p)] = 0.$$

Из первого уравнения получим:

$$\Sigma y_э - m \, \Sigma x_э - \Sigma p = 0.$$

Т. к. $\Sigma y_э = 0$ и $\Sigma x_э = 0$ по свойству среднего арифметического, то $\Sigma_N p = pN = 0$; отсюда $p = 0$, т.-е. прямая регрессии должна пройти через центр распределения.

Принимая во внимание, что $p = 0$, из второго уравнения получим:

$$\Sigma_N x_э y_э - m \, \Sigma_N x_э^2 = 0$$

отсюда

$$m = \rho_y = \frac{\Sigma_N x_э y_э}{\Sigma_N x_э^2} \qquad (2)$$

Аналогичным образом найдем

$$\rho_x = \frac{\Sigma_N x_э y_э}{\Sigma_N y_э^2} \qquad (3)$$

Отсюда определится коэффициент корреляции

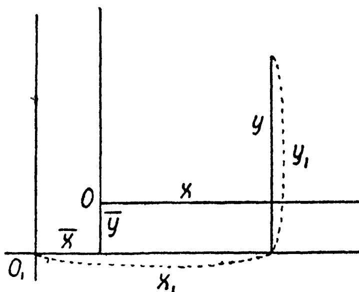
$$r_{xy} = \frac{\Sigma_N x_э y_з}{\sqrt{\Sigma_N x_э^2 \cdot \Sigma_N y_э^2}} \qquad (4)$$

По формулам (2), (3) и (4) не трудно вычислить коэффициенты регрессии и коэффициент корреляции, когда статистический материал небольшой — 30 - 40 случаев. Если же число случаев велико, то в вычислительную работу необходимо ввести упрощения.

С этой целью поле корреляции разбивают прямыми параллельными x и y на клетки и ведут вычисления в предположении, что для точек, относящихся к данной клетке, все $x_э$ и $y_э$ одинаковы. Тогда суммы выражений $x_э y_э$ или $x_э^2$ заменяются произведением каждого из них на число точек в клетке. Вычисления еще более упростятся, если вести их строями, параллельными x и y.

Величины $x_э$ и $y_э$ отсчитываются от центра распределения, т.-е. от средних значений, которые всегда дробные.

Покажем, что вычисления можно вести и не от среднего арифметического, а от произвольных значений, но после этого нужно будет сделать некоторое исправление. Пусть мы имеем на черт. 16 центр распределения O и координаты точек x и y, нам же удобнее вести вычисления от точки O_1. Из чертежа видно, что $x = x_1 - \overline{x}$ и $y = y_1 - \overline{y}$; поэтому



Черт. 16.

$$\Sigma xy = \Sigma (x_1 - \overline{x})\ (y_1 - \overline{y}) = \Sigma x_1 y_1 - \overline{x}\Sigma y_1 - \overline{y}\Sigma x_1 + \Sigma \overline{x}\,\overline{y},$$

но

$$\overline{y} = \frac{\Sigma y_1}{N};\ \overline{x} = \frac{\Sigma x_1}{N} \text{ и } \Sigma \overline{x}\,\overline{y} = N\overline{x}\,\overline{y}.$$

Определив отсюда Σy_1 и Σx_1, подставляем значения Σy_1, Σx_1 и $\Sigma \overline{x}\overline{y}$ в формулу для Σxy и получим:

$$\Sigma xy = \Sigma x_1 y_1 - N\overline{x}\,\overline{y},$$

т.-е. вычислять Σxy можно относительно произвольной точки и из результата вычесть произведение координат центра распределения, умноженное на число точек. Точно также

$$\Sigma x^2 = \Sigma (x_1 - \overline{x})^2 = \Sigma x_1{}^2 - 2\overline{x}\,\Sigma x_1 + \Sigma \overline{x}^2 = \Sigma x_1{}^2 - N\overline{x}^2,$$

т.-е. нужно вычитать квадрат координаты центра распределения, умноженный на число точек. Последнее равенство делим на N и получаем

$$\frac{\Sigma x^2}{N} = \frac{\Sigma x_1{}^2}{N} - \overline{x}^2$$

$\frac{\Sigma x^2}{N} = \nu_{2x}$ есть среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического; оно называется вторым истинным моментом.

$\frac{\Sigma x_1{}^2}{N} = \nu^1{}_{2x}$ будем называть вторым грубым моментом.

$\overline{x} = \frac{\Sigma x_1}{N} = \nu_{1x}$, т. е. среднее арифметическое отклонений от среднего арифметического будем называть первым моментом.

Предыдущее равенство напишется так: $\nu_{2x} = \nu'_{2x} - \nu^2{}_{1x}$
то же для y будет $\nu_{2y} = \nu'_{2y} - \nu_{1y}{}^2$ } (5)

При этих обозначениях формулы (2), (3), (4) примут вид

$$\rho_y = \frac{\Sigma \overline{x}_1 \overline{y}_1 - N\overline{x}\,\overline{y}}{N\nu_{2x}}; \quad \rho_x = \frac{\Sigma \overline{x}_1 \overline{y}_1 - N\overline{x}\,\overline{y}}{N\nu_{2y}} \qquad (6)$$

$$r_{xy} = \frac{\Sigma x_1 y_1 - N\overline{x}\,\overline{y}}{N\sqrt{\nu_{2x} \cdot \nu_{2y}}}. \qquad (7)$$

Обыкновенно при вычислениях выбирают точку O для x и y произвольно, но близко от центра распределения, и по обе стороны от O обозначают интервалы $+1, +2, +3\ldots$ и $-1, -2, -3\ldots$ В этих условных единицах и ведут вычисления.

Пирсон (*Pearson*) показал, что при таком счете результат будет более правилен, если при вычислении ν_2 к результату прибавлять $^1/_6 = 0.16667$. Эта поправка обязана своим происхождением не существу явления, а случайным неправильностям в опытном материале, и находится в связи с вычислением определенного интеграла способом трапеций *).

Пример 1. Пусть дана таблица I величин ассиметричности $M - {}^m/_P$ и величин амплитуд A для галактических Цефеид. Требуется установить, насколько близко подходит зависимость между $M - {}^m/_P$ и A к функциональной.

Таблица I.

Звезда.	A	$M - {}^m/_P$	Звезда.	A	$M - {}^m/_P$
SU Cas	0.4	0.42	*W* Gem	0.8	0.32
SZ Tau	0.4	0.46	*V* Oph	0.8	0.35
ζ Gem	0.4	0.50	*S* Sgr	0.8	0·33
δ Cep	0.6	0.27	*SU* Cyg	0.8	0.28
Y Sgr	0.6	0.33	*T* Vul	0.8	0.31
X Sgr	0.6	0.50	*RT* Aur	0.9	0.30
W Sgr	0.6	0.31	*TU* Cas	1.0	0.26
U Aql	0.7	0.32	*T* Mon	1.0	0.19
R TrA	0.7	0.30	*RU* Sco	1.1	0.26
η Aql	0.7	0.30	*l* Car	1.2	0.37

В данном случае статистический материал невелик и потому нет нужды составлять из него строи и группы. Весь счет будем вести по отношению к среднему арифме-

*) См. *Слуцкий. Теория корреляции.*

тическому для A равному 0.75 и среднему арифметическому для $M - {}^m/_p$ равному 0.33. Для удобства все вычисления расположим в таблицу II.

Таблица II.

x	y	xy	x^2	y^2
− 0.35	+ 0.09	− 0.0315	0.1225	0.0081
.35	0.13	0.0455	.1225	.0169
.35	+ 0.17	− 0.0595	.1225	.0289
.15	− 0.06	+ 0.0090	.0225	.0036
.15	0.00	0.0000	.0225	.0000
.15	+ 0.17	− 0.0255	.0225	.0289
.15	− 0.02	+ 0.0030	.0225	.0004
.05	0.01	0.0005	.0025	.0001
.05	0.03	0.0015	.0025	.0009
− 0.05	0.03	+ 0.0015	.0025	.0009
+ 0.06	− 0.01	− 0.0006	.0036	.0001
.06	+ 0.02	+ 0.0012	.0036	.0004
.06	0.00	0.0000	.0036	.0000
.06	− 0.05	− 0.0030	.0036	.0025
.06	0.02	0.0012	.0036	.0004
.16	0.03	0.0048	.0256	.0009
.26	0.07	0.0182	.0676	.0049
.26	0.14	0.0364	.0676	.0196
.36	− 0.07	− 0.0252	.1296	.0049
+ 0.46	+ 0.04	+ 0.0184	0.2116	0.0016
Σ		− 0.2163	0.9850	0.1240

По формуле (4)

$$r_{xy} = \frac{-0.2163}{\sqrt{0.985 \times 0.124}} = -0.620.$$

По формулам (2) и (3)

$$\rho_y = \frac{-0.2163}{0.9850} = -0.22; \quad \rho_x = \frac{-0.2163}{0.1240} = -1.74$$

Таблица распределения III.

											ν_y	$\nu_y x$	$\nu_y xy$	$\nu_y y^2$
8	3.6—4.0									1	1	7	56	64
7	3.2—3.6							5			5	25	175	245
6	2.8—3.2						2				2	8	48	72
5	2.4—2.8					1	2				3	11	55	75
4	2.0—2.4				2	4					6	16	64	96
3	1.6—2.0			2	2						4	6	18	36
2	1.2—1.6		1	5	4		1				11	17	34	44
1	0.8—1.2		6	8	1						15	10	10	10
0	0.4—0.8	6	18		1						25	— 4	0	0
—1	от 0.0 до 0.4	43	1								44	—43	43	44
	ΔM / ΔSp	0—1	2—3	4—5	6—7	8—9	10—11	12—13	14—15	16—17		53		
		—1	0	1	2	3	4	5	6	7				
	ν_x	49	26	15	10	5	5	5	0	1	116			
	$\nu_x y$	—43	7	24	23	21	24	35	0	8	99			
	$\nu_x yx$	43	0	24	46	63	96	175	0	56			503	$\Sigma \nu_y y^2 = 686$
	$\nu_x x^2$	49	0	15	40	45	80	125	0	49	$\Sigma \nu_x x^2 = 403$			

Коэффициенты ρ_y и ρ_x показывают, что ассиметричность мало зависит от амплитуды, а зависимость амплитуды от ассиметричности — большая.

Пример 2. Исследуем зависимость между разностью яркостей ΔM и разностью спектров ΔSp, выраженною в десятых долях спектрального класса, у двойных звезд по данным Брилля *(A. Brill. Strahlungsenergetische Parallaxen von* 123 *Visuellen Doppelsternen. Berlin,* 1927*)*.

Здесь мы находим для разных пар разности яркостей, колеблющиеся от 0 до 4 и разности спектров, колеблющиеся от 0 до 1.7. Семь пар откинуты, т. к. для них ΔM и ΔSp резко разнятся от остальных и для настоящего исследования являются единичными случаями.

По оси ΔSp отложим интервалы через две единицы и проведем прямые, параллельные ΔM; на оси ΔM интервалы разностей яркости через 0.4 и проведем прямые, параллельные ΔSp. Таким образом все поле разделится на клетки, в которых и разместится ввиде точек весь материал. В результате мы получим таблицу распределения III, где в каждой клетке поставлено число случаев, относящихся к определенным ΔM и ΔSp. К таблице приставлены внизу и справа строки для удобства вычислений. Вычисления ведутся от условного нуля в условных единицах.

Первые моменты:

$$\nu_{1x} = \frac{53}{116} = +0.457; \quad \nu_{1y} = \frac{99}{116} = +0.857.$$

Вторые грубые моменты:

$$\nu'_{2x} = \frac{403}{116} + \frac{1}{6} = 3.641; \quad \nu'_{2y} = \frac{686}{116} + \frac{1}{6} = 6.081;$$

По формуле (5)

$$\nu_{2x} = 3.432; \quad \nu_{2y} = 5.353;$$

По формулам (7) и (6):

$$r_{xy} = \frac{457.76}{116\sqrt{3.432 \times 5.353}} = 0.918; \quad \rho_y = 1.15; \quad \rho_x = 0.737.$$

ОТДЕЛ IV

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ТРУБА

Отдел IV.

Астрономическая труба.

1. Об'ектив. Главной составной частью астрономической трубы является об'ектив из линз в рефракторе и из вогнутого зеркала в рефлекторе. Роль об'ектива заключается в создании изображения того предмета, на который телескоп наведен. Изображение это может быть рассматриваемо при помощи системы увеличительных стекол — окуляра, или может быть принято на фотографическую пластинку. Труба не является существенной частью: ее можно заменить просто стержнем, прочно связывающим об'ектив и окуляр, но как бы мы ни изменяли внешнюю форму прибора, наличие об'ектива всегда является отличительным признаком телескопа.

Об'ектив не идеальный аппарат, точно сводящий в фокус все падающие на него лучи: пучок белого света разлагается в линзах рефрактора на отдельные спектральные пучки, и изображение предмета окрашивается в несвойственные ему цвета. Этот дефект об'ектива называется *хроматической аберрацией*. Обыкновенно об'ектив состоит из двух линз: собирательной—кронгласа и рассеивающей—флинтгласа, совместное действие которых должно уничтожать окрашенность изображения. Однако и две линзы не могут собрать в общий фокус лучи всех цветов спектра; поэтому об'ективы рассчитываются так, чтобы свести возможно теснее фокусы желтых, голубовато-зеленых и красных лучей, к которым человеческий глаз наиболее чувствителен. Остальные цвета, рассеиваясь вокруг изображения, образуют голубоватый или фиолетовый ореол, называемый *вторичным* или *секундарным* спектром. На черт. 1 сплош-

ная кривая дает положение различных лучей спектра для обыкновенного двухлинзового об'ектива. По абсциссам чертежа отложены тысячные доли фокусного расстояния об'ектива, по ординатам — длины световых волн в миллимикронах (1 μμ = 0.000001 *мм*). Из чертежа видно, что ближе всего к об'ективу сходятся желтые лучи и несколько дальше — красные и голубые. Стремление свести к минимуму хроматическую аберрацию повело к созданию т. н. *апохроматических* об'ективов, состоящих из двух или трех линз и с большой точностью сводящих в общий фокус

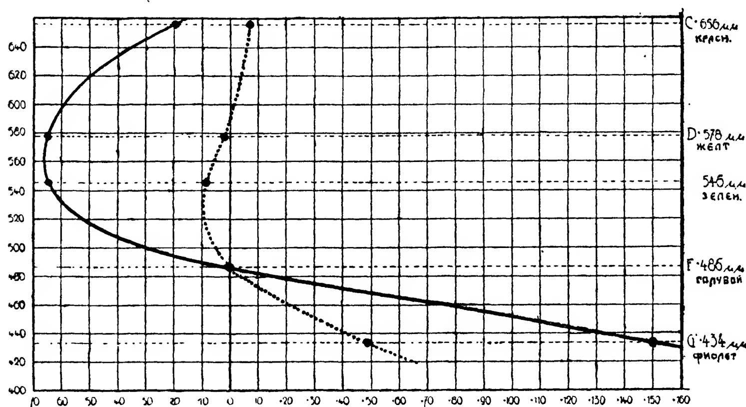


Рис. 1.

красные, желтые, зеленые и голубые лучи. Пунктирная кривая на черт. 1 дает положение фокусов различных лучей спектра для трехлинзового апохроматического об'ектива.

Сферическая аберрация свойственна как рефрактору, так и рефлектору, и состоит в том, что лучи, идущие от края об'ектива, сходятся не там, где лежит точка схождения центральных лучей. Бывает, что центральные лучи пересекаются дальше от об'ектива, чем краевые: это случай *недоисправленного* об'ектива; если центральные лучи сходятся ближе краевых, налицо *переисправленный* об'ек-

тив. Сферическая аберрация практически не может быть совершенно устранена, но у хорошего об'ектива она ничтожна и не вредит изображениям.

Кроме хроматической и сферической аберрации есть еще одна причина, ставящая определенные границы для резкости изображения и лежащая в самой природе света. Это *диффракция* света от края об'ектива, в силу которой звезда представляется ввиде диска с заметным диаметром. Яркость и резкость очертаний звездного диска или четкость деталей, в случае наблюдения протяженного об'екта, ослабевают вместе с повышением увеличения. Это обстоятельство кладет определенный предел наибольшему полезному увеличению телескопа, которое принимается приблизительно в 20 на 1 *см* отверстия.

Существенными оптическими элементами об'ектива, позволяющими судить об областях его применения, являются диаметр об'ектива и фокусное расстояние. От них зависят размеры и яркость изображения, получаемого в фокусе об'ектива. Яркость даваемого об'ективом изображения находится в прямой зависимости от диаметра об'ектива и в обратной—от его фокусного расстояния, т. к. с увеличением последнего соответственно увеличиваются размеры фокального изображения, и то же количества света распределяется на бо́льшую площадь; поэтому ***светосилу*** телескопов, под которой понимается относительная яркость получаемого в фокусе изображения протяженного об'екта (напр., поверхности планеты) выражают через ***угловое отверстие*** или отношение диаметра об'ектива к фокусному расстоянию. Трубы с бо́льшим угловым отверстием обладают и бо́льшей светосилой, но допускают меньшее увеличение. Угловое отверстие лежит для современных телескопов в пределах $^1/_{12}$—$^1/_{20}$ для рефракторов и $^1/_8$—$^1/_{12}$ для рефлекторов, что является наивыгоднейшим компромиссом в стремлении обеспечить с одной стороны возможность применения больших увеличений и с другой — возможность получать при слабых увеличениях яркие изображения.

От диаметра об'ектива, от т. н. *линейного отверстия* телескопа, зависит его проницающая сила, т.-е. та предельная величина звезды, которую можно еще увидеть при

помощи данного инструмента. Т. к. звезды, вследствие ничтожности размеров диффракционного диска, являются практически точками, то при определении проницающей силы можно было бы исходить просто из отношения $D:d$ между диаметром об'ектива и глазного зрачка. Однако значительное количество света в рефракторах теряется на отражение от поверхностей линз и расходуется на цветное рассеяние около фокуса, а в рефлекторах теряется вследствие несовершенства отражательной способности зеркала. Поэтому в выражение для проницающей силы необходимо вводить еще некоторый коэффициент, в значительной степени зависящий от индивидуальных свойств инструмента и не поддающийся выражению в общем виде. На практике удобно пользоваться формулой:

$$m = 9.5 + 5 \lg D,$$

где m — предельная звездная величина, D — диаметр об'ектива в англ. дюймах и 9.5 — предельная величина по Гарвардской шкале, доступная трубе с линейным отверстием в 1 англ. дюйм (25.4 *мм*). Состояние атмосферы сильно отражается на границах применения этой формулы, и всякая загрязненность атмосферы убивает свет слабых звезд, теоретически доступных данному инструменту.

От линейного отверстия телескопа зависит и его *разрешающая сила*, т.-е. способность показать раздельно две сближенных светящихся точки на черном фоне. Доуз экспериментально установил, что телескоп с отверстием в 1 английский дюйм при средних атмосферных условиях способен разрешить двойную звезду с компонентами 6 величины, если расстояние между ними равно $4''.56$. Отсюда он нашел, что для любого об'ектива с диаметром D разрешающая сила

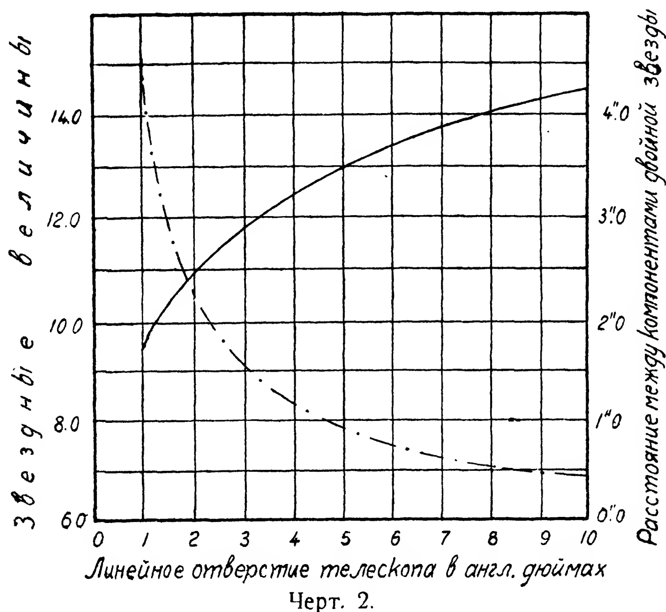
$$S = \frac{4''.56}{D}$$

Фуко дал несколько иную формулу, исходя из того, что разрешающая сила об'ектива диаметром 130 *мм* равна $1''$.

На черт. 2 пунктир и сплошная кривая показывают соответственно разрешающую и проницающую силу те-

лескопов с линейным отверстием от 1 до 10 английских дюймов*).

В практическом приложении формул разрешающей силы приходится, как и при определении проницающей силы,



Черт. 2.

считаться с индивидуальными особенностями инструмента, с состоянием атмосферы, относительной яркостью ком-

*) По старой традиции линейное отверстие телескопов часто выражают в парижских дюймах (= 27.1 мм); в англо-саксонских странах приняты английские дюймы. Следует пожелать чтобы эти системы, применение которых у нас не оправдывается обстоятельствами и ведет к недоразумениям, были заменены метрической, в соответствии с чем приведенные выше формулы проницающей и разрешающей силы можно, как указывает И. О. Селецкий, видоизменить так:

$$m = 2.5 + 5 \lg D$$

и

$$S = \frac{116''}{D},$$

где D — отверстие телескопа, выраженное в *мм*.

понентов и с окуляром. В последнем случае выгоднее пользоваться сильными окулярами, т. к. хотя кажущиеся размеры звездного диска и растут вместе с увеличением, но не пропорционально ему, благодаря чему увеличивается темный промежуток между компонентами.

Диаметр диффракционного диска звезды, получающегося в фокусе об'ектива может быть вычислен по формуле

$$d = 1.22 \frac{\lambda F}{D}$$

где λ — длина световой волны, образующей изображение звезды, F — фокусное расстояние об'ектива и D — его линейное отверстие. Формула показывает, что при неизменных λ и F увеличение размеров D сильно сказывается на изображении звезды. Если увеличить вдвое диаметр об'ектива, то количество собираемого инструментом света возрастет вчетверо и свет распределится на вчетверо меньшую поверхность изображения, т.-е. яркость изображения возрастет в 16 раз. Это обстоятельство особенно важно для фотографирования звезд.

2. Окуляр. Окуляр астрономической трубы является по существу микроскопом, в который мы рассматриваем даваемое об'ективом действительное изображение об'екта. Одна двояко или плоско выпуклая линза в качестве окуляра страдает многими недостатками, наиболее существенными из которых являются хроматизм и отсутствие *ортоскопичности*, т.-е. подобия между об'ектом и изображением, вследствие того, что масштаб увеличения окуляра возрастает от центра поля зрения к краям. Характер возникающих вследствие неортоскопичности искажений показан схематически на черт 3, где a представляет рассматриваемую в трубу систему прямых линий, а b — вид этой системы в однолинзовый окуляр. Применением двухлинзового окуляра можно значительно ослабить указанные недостатки; поэтому окуляры представляют обыкновенно

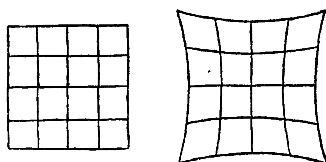


Рис. 3.

комбинацию из двух линз — *полевой*, обращенной к об'ективу, и *глазной*, обращенной к глазу наблюдателя.

Факторами, характеризующими окуляр, являются: 1) даваемое увеличение, 2) зрачок выхода и 3) поле зрения. В случае астрономических наблюдений, т.-е. для падающего на об'ектив пучка параллельных лучей, увеличение равно частному от деления фокусного расстояния об'ектива на фокусное расстояние окуляра, т.-е.

$$M = \frac{F}{f},$$

причем под f сложного окуляра понимается f одной линзы, дающей при том же об'ективе одинаковое со сложным окуляром увеличение. Очевидно, что увеличение данной трубы будет тем больше, чем меньше f окуляра; с другой стороны, один и тот же окуляр, напр., с $f = 1$ *см* даст при об'ективе с $F = 100$ *см* увеличение в 100 раз и при об'ективе с $F = 300$ *см* — увеличение в 300 раз.

Предельное наименьшее и наибольшее полезное увеличение трубы стоит в зависимости в первом случае от размеров глазного зрачка и во втором — от линейного отверстия об'ектива. Если направить трубу, предварительно фокусировав ее по какому-либо отдаленному предмету, на яркий фон неба и поместить перед окуляром прозрачную бумагу или матовое стекло, то пучок лучей, идущий из окуляра, будет, проектироваться на такой экран ввиде светлого кружка называемого *зрачком выхода* или *кругом Рамсдена*. Двигая ,экран взад и вперед можно добиться, что кружок будет иметь наиболее резкие очертания при наименьших размерах; диаметр такого кружка явится мерою зрачка выхода и может быть довольно точно определен с помощью миллиметровой линейки и лупы. Отношение диаметра об'ектива D и зрачка выхода d пропорционально отношению фокусных расстояний; отсюда

$$M = \frac{F}{f} = \frac{D}{d};$$

пользуясь этим отношением, можно определить увеличение трубы, измерив диаметр выходного зрачка.

Диаметр зрачка глаза даже при наблюдении слабо-светящихся об'ектов не превышает в среднем 6 — 7 *мм*; для того, чтобы весь свет, собранный об'ективом, попал в глаз, зрачок выхода не должен, следовательно, превышать 6 *мм*. Отсюда мы можем вывести, что для телескопа с линейным отверстием в 120 *мм* минимальное увеличение составит 120:6 = 20. Т. к. телескопы с одним и тем же линейным отверстием могут обладать различными F, то и f окуляров, дающих наименьшее полезное увеличение, будут различны. Так, если в приведенном выше примере $F = 140$ *см*, то f окуляра, дающего наименьшее увеличение будет 140:20 = 7 *см*; при $F = 200$ *см*, f составит 200:20 = 10 *см*.

Из того, что было сказано в § 1 о влиянии диффракции света, вытекает, что наибольшее полезное увеличение будет достигнуто окуляром с выходным зрачком = 10 *мм*:20 = 0.5 *мм*. При об'ективе с $D = 120$ *мм* и $F = 180$ *см* такой окуляр даст увеличение в 240 раз и будет иметь $f = 1800:240 = 7.5$ *мм*. В наборах окуляров, предлагаемых фирмами, встречаются окуляры с выходным зрачком в 0.33 *мм* и даже 0.27 *мм*. Подобные окуляры могут оказаться полезными при наблюдениях двойных звезд и имеют еще то преимущество, что дают крупный масштаб изображения, позволяющий рассматривать об'ект без утомительного напряжения. Однако, применение столь сильных окуляров весьма ограничено, т. к. ими можно пользоваться лишь в редких случаях почти идеального спокойствия атмосферы.

Третьей важной величиной, характеризующей окуляр, является поле зрения. Влияние аберраций на изображение сказывается тем сильнее, чем дальше лежит об'ект от главной оптической оси телескопа. Вследствие этого в телескопах используется лишь наилучшая часть изображения, лежащая в $1^1/_2$—2^0 от главной оптической оси и полезное *истинное* или *об'ективное* поле зрения, т.-е. диаметр участка неба, видимого в телескоп, не превышает $3^0 — 4^0$. Если рассматривать об'ектив в комбинации с окуляром, то истинное поле зрения оказывается связанным с размерами полевой линзы окуляра: в глаз от об'ектива могут попасть лишь те лучи, которые проходят через эту линзу; поэтому угол, под которым полевая линза видна из центра

об'ектива и является мерой истинного поля зрения *). Истинное поле зрения находится в обратном отношении к увеличению, т. к. с уменьшением фокусного расстояния полевой линзы приходится увеличивать радиус кривизны поверхности и в силу этого уменьшать размеры линзы.

Размеры *кажущегося* или *суб'ективного* поля зрения определяются угловым отверстием окулярной диафрагмы, видимой из центра выходного зрачка. Для большинства систем окуляров размеры суб'ективного поля лежат в пределах 30°—50°. Суб'ективное поле зрения для окуляров данной системы является величиной постоянной и не зависит от их фокусного расстояния; это позволяет выразить зависимость между об'ективным полем O и суб'ективным полем S формулой

$$O = \frac{S}{M}$$

Если при окуляре, дающем увеличение в 40 раз, об'ективное поле зрения составляет 1°, то окуляр того же типа, но увеличивающий в 120 раз, даст об'ективное поле лишь в 20′; размеры суб'ективного поля останутся в обоих случаях одинаковыми.

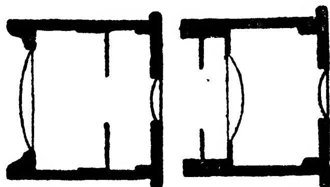


Рис. 4. Рис. 5.

Наиболее просты и чаще всего встречаются в практике любителя окуляры Гюйгенса и Рамсдена (рис. 4 и 5). Оба окуляра состоят из двух плосковыпуклых линз и внешне различаются тем, что в окуляре Гюйгенса обе линзы обращены выпуклостями к об'ективу и диафрагма поля зрения лежит между ними, в фокусе глазной линзы, а у Рамсдена полевая линза обращена выпуклостью к глазу и диафрагма находится перед полевой линзой, в фокусе системы обеих линз. Оба окуляра существенно различны по взаимоотношению между фокусными

*) Т. к. границей поля зрения является, строго говоря, не оправа полевой линзы, а край диафрагмы поля зрения, то размеры об'ективного поля зрения можно точнее определить как угол, под которым видна из центра об'ектива эта диафрагма.

расстояниями линз и расстоянию между ними. Обозначив через f' и f'' фокусные расстояния соответственно полевой и глазной линзы и через e — расстояние между ними, будем иметь:

окуляр Гюйгенса	I тип	$f':e:f''=3:2:1$
	II тип	$f':e:f''=4:3:2$
окуляр Рамсдена		$f':e:f''=3:2:3$

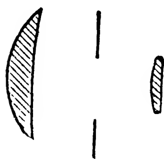
Зная эти величины, можно вычислить фокус f всего окуляра по формуле

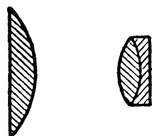
$$f=\frac{f'f''}{f'+f''-e}$$

Окуляры типа Рамсдена называются еще *положительными*, а Гюйгенса — *отрицательными*. Общим признаком положительных окуляров является возможность непосредственного использования их в качестве микроскопов; отрицательные окуляры для той же цели не годятся.

Стремление свести к минимуму влияние аберраций, заметно сказывающихся в окулярах Гюйгенса и Рамсдена, и устранить присущий двухлинзовым окулярам недостаток, — блики в поле зрения при наблюдении ярких об'ектов, возникающие вследствие многократного отражения света от внутренних поверхностей линз, повело к созданию ряда усовершенствованных окуляров, являющихся по большей части модификациями двух описанных основных типов.

В окуляре Миттенцвея полевая линза, в отличие от окуляра Гюйгенса, выпукло-вогнутая (рис. 6). Достоинством окуляра является большое поле зрения, достигающее 50°, тогда как у Гюйгенса и Рамсдена поле зрения редко превосходит 40°.Елльнер усовершенствовал окуляр Рамсдена, заменив глазную линзу двойной ахроматической (рис. 7). Крупным преимуществом окуляра Кельнера является его ортоскопичность, позволяющая доводить поле зрения до 50°; к недостаткам


Рис. 6.


Рис. 7.

окуляра можно отнести близость полевой линзы к передней фокальной плоскости, вследствие чего пыль на поверхности линзы отчетливо видна в поле зрения. Впоследствии полевая линза окуляра Келльнера была также ахроматизована наподобие глазной (рис. 8); окуляры последнего типа получили название *ахроматических*. При сравнительно небольшом, до 40^0, поле зрения, ахроматический окуляр в применении с рефлектором весьма точно передает окраску наблюдаемого объекта. Чтобы избежать образования бликов и потери света на отражение, фирмой Штейнгейль предложена комбинация стекол в форме т. н. *моноцентрического* окуляра, состоящего из двояко выпуклой кронгласовой линзы и наклеенных на нее двух флинтгласовых менисков (рис. 9). Цейсс выпускает под именем моноцентрических окуляры, склеенные из трех линз, но поверхности их не описаны из общего центра, как у Штейнгейля и поэтому, строго говоря, не оправдывают своего названия. Малое поле зрения моноцентрических окуляров, не превосходящее 35^0, искупается тем преимуществом, что окуляры совершенно лишены внутренних отражений и поле зрения кажется значительно чернее, чем у всех двухлинзовых окуляров.



Рис. 8.

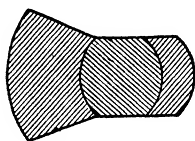


Рис. 9.

Новейшие модели *ортоскопических* окуляров*), сконструированных фирмами Цейсса и Штейнгейля, состоят из тройной полевой линзы — флинтгласа между двумя двояковыпуклыми кронами — и плоско выпуклой кронгласовой глазной линзы (рис. 10). В этих окулярах сведены к минимуму недостатки, присущие другим типам, и они считаются наилучшими из существующих. Поле зрения ортоскопических окуляров составляет около 40^0.

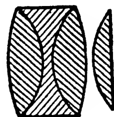


Рис. 10.

Т. к. наблюдаемый в астрономический окуляр предмет представляется перевернутым на 180^0, то для наблюдения

*) Эти окуляры не следует смешивать с окулярами Келльнера, которые также называются ортоскопическими.

земных об'ектов употребляется т. н. *земной окуляр*, представляющий комбинацию окуляра Гюйгенса с обращающей системой из двух плосковыпуклых стекол и дающий прямое изображение об'екта. Малое поле зрения, не превышающее 35°, и значительная потеря света при прохождении через 4 линзы являются крупнейшими недостатками окуляра, вследствие которых он не нашел места в астрономической практике и применяется лишь в подзорных и малых астрономических трубах, могущих быть использованными для земных наблюдений.

3. Испытание трубы. Наиболее простой и всесторонний метод испытания телескопа предложен Куком и состоит в исследовании даваемого телескопом изображения звезды. Для испытания следует выбрать белую звезду 2—3 величины, не ниже 40° над горизонтом. В хороший телескоп при увеличении около 20 на 1 *см* отверстия изображение должно представляться ввиде очень маленького, совершенно круглого диска, окруженного 2—3 концентрическими диффракционными кольцами (рис. 11). Если воздух неспокоен, система колец может дрожать, искажаться, разбиваться на дуги, а при очень плохих атмосферных условиях диск может расплыться на столько, что совершенно покроет кольца. Спокойная атмосфера является поэтому необходимым условием успешности испытания. Если, однако, при наблюдении в течение ряда вечеров и при различных атмосферных условиях наблюдатель видит лишь большой размытый диск без следов колец, то об'ектив следует. признать плохим.

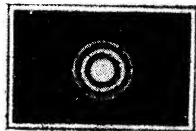


Рис. 11.

Если диск имеет овальную или грушевидную форму, кольца вытянуты в одном направлении с диском и все изображение с одной стороны ярче (рис. 12), то причина лежит в несовпадении оптических осей об'ектива и окуляра, причем ближе к окуляру лежит та часть об'ектива, где изображение ярче при окуляре, выдвинутом наружу главного фокуса. Об'ектив можно привести в надлежащее положе-



Рис. 12.

ние, действуя выверочными винтами в его оправе. Если оправа винтами не снабжена, то центрировка более затруднительна; с задачей можно справиться, прокладывая между закраиной оправы и наружной стороной об'ектива тонкие полоски листового олова.

Когда диск не кругл, а кольца извилисты при спокойном воздухе, и эти искажения выступают сильнее по мере повышения увеличения, нужно думать, что об'ектив сделан из плохого стекла (рис. 13). Для окончательной уверенности в этом следует повернуть об'ектив вместе с его оправой на определенный угол и посмотреть, повернулись ли на такой же угол выступы и впадины изображения. Такой недостаток неустраним и об'ектив негодится для работы. На присутствие устранимого недостатка показывает другой вид изображения, когда звезда и система колец имеют треугольную форму. В этом случае стекла об'ектива слишком сильно зажаты стопорным кольцом оправы и притом в тех трех местах, где находятся прокладки из листового олова, регулирующие расстояние между линзами. Для восстановления нормального изображения нужно только слегка вывинтить стопорное кольцо оправы, но, однако, не до такой степени, чтобы стекла стали качаться в оправе.



Рис. 13.

Иногда противоположные края диска окрашены в красный и зеленый цвет. Окраска выступает резче, если сдвинуть окуляр с фокуса, и бывает заметна также при наблюдении планет и краев лунного диска. Явление трудно устранимо и обусловлено несовпадением центров линз об'ектива, причем центр флинтгласа смещен по направлению красного цвета. Иногда делу можно помочь вращая одну из линз относительно другой; в этом случае придется выполнить ряд последовательных испытаний, каждый раз вывинчивая стопорное кольцо оправы и поворачивая флинтглас на определенный угол. При этом следует стараться не сместить прокладок, находящихся между линзами. Если прокладки, как это часто бывает, приклеены к стеклу, то придется заменить их новыми такой же толщины.

Окраска противоположных краев изображения может быть вызвана также тем, что линзы об'ектива наклонены друг к другу и края их, соответствующие красному цвету, слишком сближены. Такая причина более вероятна для подержанного об'ектива, который разбирался неопытным владельцем. В этом случае придется урегулировать расстояние между линзами, изменяя толщину оловянных прокладок.

Окраска верхнего и нижнего краев изображения в зеленый и красный цвет наблюдается обычно для светил, находящихся низко над горизонтом; здесь причина лежит в земной атмосфере, которая, действуя подобно призме, вытягивает изображение светила в короткий спектр.



Рис. 14.

Исследовав и устранив недостатки, проистекающие от неправильной центрировки об'ектива, можно попытаться выявить присутствие других недостатков — сферической и хроматической аберрации и астигматизма.

Сферическую аберрацию можно распознать чуть-чуть сдвигая окуляр попеременно в обе стороны от главного фокуса до получения 2—3 колец. Одинаковая яркость крайних колец внефокальных изображений покажет, что об'ектив свободен от сколько нибудь значительной сферической аберрации. Если внешнее кольцо при окуляре внутри фокуса слабее, чем при окуляре снаружи фокуса (рис. 14 *a* и *b*), то об'ектив переисправлен, для недоисправленного об'ектива будет иметь место обратное отношение: внешние кольца будут слабее при окуляре снаружи фокуса *).

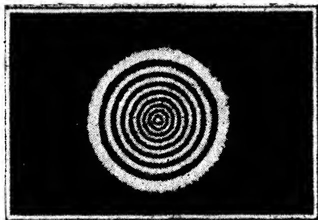


Рис. 15.

*) Чтобы устранить мешающее влияние хроматической аберрации, весьма полезно применять при испытании желтый светофильтр.

Если сдвинуть окуляр с фокуса настолько, чтобы получить 6 — 7 колец, то яркость их должна равномерно изменяться от центра к краям изображения (рис. 15); непропорциональная яркость или слабость промежуточных колец укажет на случай *зональной сферической аберрации* (рис. 16).

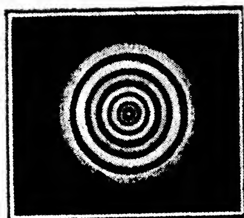


Рис. 16.

Хроматическая аберрация скажется тем, что при слегка вдвинутом внутрь фокуса окуляре вокруг диска будет пурпурная кайма, а при выдвинутом— красное пятнышко в центре изображения. Это следует из того, что в обычных визуальных об'ективах фокус красных лучей лежит несколько ближе к об'ективу, чем фокус желто-зеленых лучей, в которых изображение рассматривается. Хроматизм присущ всем рефракторам и сказывается даже в апохроматах; поэтому приведенный опыт не может играть решающего значения в суждении о качествах об'ектива, тем более, что и окуляр и глаз наблюдателя также не свободны от хроматизма. Хроматизм глаза выступает сильнее при слабых увеличениях; поэтому испытание следует вести с сильным окуляром.



Рис. 17.

Наиболее простой и частый случай *астигматизма* состоит в том, что один диаметр об'ектива преломляет лучи иначе, чем другой, к нему перпендикулярный. Изображение звезды вытягивается при этом в эллипс, который меняет направление большой оси на 180° при положениях окуляра внутри и снаружи главного фокуса (рис. 17). Астигматичным может быть, впрочем, не только об'ектив, но и глаз наблюдателя или окуляр. Для испытания глаза ставят

самый слабый окуляр и наклоняют голову вправо и влево; при астигматичном глазе большая ось эллипса соответственно изменяет свое положение. Если эллипс неподвижен, то вращают окуляр; если и в этом случае картина не меняется, то астигматичен об'ектив. Чтобы окончательно убедиться в этом, заменяют окуляр другим, более сильным, и вращают об'ектив вместе с оправой.

Отступления от точной формы и равномерности строения стекол об'ектива или неправильную шлифовку зеркала можно видеть непосредственно при помощи метода Фуко. Наводят телескоп на Полярную, чтобы не быть вынужденным следовать за звездой, вынимают окуляр и помещают глаз как раз в фокусе об'ектива. Это положение узнается по тому, что изображение звезды заполнит все поле зрения и об'ектив будет казаться ярко освещенным. Области, отличающиеся показателем преломления или неправильной шлифовкой от остальной массы стекла выступят тогда на равномерно-освещенном диске ввиде темных пятен или полос. Если такие области занимают значительную площадь и резко разнятся в степени яркости от остального фона (рис. 18), то об'ектив не годится. Для более детального исследования помещают возможно ближе к глазу тонкую пластинку с ровным краем, напр., лезвие ножа, и медленно передвигают ее перпендикулярно оптической оси об'ектива. Если глаз находится как раз в фокусе, то различные области об'ектива по мере перемещения пластинки начнут меркнуть, указывая на места, лучи от которых минуют фокус со стороны пластинки и задерживаются ею.

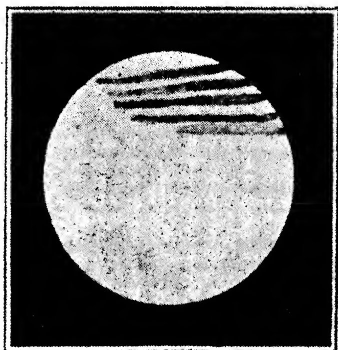


Рис. 18.

При испытании малых инструментов, напр., подзорных труб или биноклей, к которым методы Кука и Фуко неприменимы, можно предложить руководиться следую-

щими требованиями. Неподвижно установленный инструмент должен хорошо делить двойные звезды с компонентами 5—6 величины (в зависимости от размеров об'ектива) при видимом угловом расстоянии в 180″, т.-е., напр. 6-кратный бинокль должен делить двойную с расстоянием 180 : 6 = 30″. Изображение звезды 2 величины должно быть весьма четким, неокрашенным, без хвостов или заметного при прямом зрении светлого поля вокруг звезды. Несколько неправильное, угловатое изображение звезды не должно относиться к дефектам инструмента, т. к. имеет своей причиной неоднородное строение хрусталика глаза, резко выступающее при слабых увеличениях.

4. Относительные достоинства и области применения различных инструментов. *Рефракторы и рефлекторы.* Все сказанное выше об оптических элементах труб и методах их испытания одинаково относится к рефракторам и рефлекторам. Однако, оба типа инструментов существенно разнятся друг от друга и каждый имеет свои достоинства и недостатки. Наличие четырех преломляющих поверхностей в об'ективе рефрактора обеспечивает высокую геометрическую точность передачи изображения, т. к. недостатки одной поверхности частично компенсируются остальными; в рефлекторах изменение формы зеркала под влиянием неравенств температуры или давления непосредственно сказывается на изображении. Это обстоятельство вместе с большей устойчивостью и постоянством монтировки рефрактора обеспечили ему превосходство над рефлектором в области астрометрии. С другой стороны, преимущества больших зеркал перед линзами одинакового размера, — отсутствие хроматической аберрации и потери света на поглощение в линзах и хроматическую дисперсию, бóльшая легкость и дешевизна изготовления зеркал — об'ясняют то обстоятельство, что гигантские телескопы постройки новейшего времени, предназначенные главным образом для работ в области астрофизики, являются исключительно рефлекторами. Сопоставляя инструменты средних размеров — от 100 до 250 *мм* — можно дать следующую краткую характеристику плюсов и минусов обеих систем.

1) Проницающая сила рефрактора и рефлектора в среднем одинаковы. К этому выводу мы можем подойти следующим расчетом. Количество света, теряемого на отражение от одной из четырех преломляющих поверхностей об'ектива рефрактора, составляет 5%; до 5% поглощается в толще самих линз. Таким образом об'ектив пропускает $0.95^5 = 78\%$ упавшего на него света. Из остающегося количества не весь свет идет на образование изображения: около 10% теряется на цветное рассеяние, понижая коэффициент полезного действия рефрактора до 70%. В заново-посеребренном рефлекторе каждое из двух зеркал отражает 93% света и около 7% задерживается малым зеркалом. Отсюда коэффициент полезного действия рефлектора получается равным $0.93^3 = 80\%$. Превосходство рефлектора является, однако, эфемерным, т. к. отражательная способность серебряного слоя падает в течение нескольких месяцев до 70% *).

Приведенный выше расчет приблизительно верен для труб в 150—250 *мм*; для труб меньших отверстий соотношение изменяется в невыгодную для рефлектора сторону, т. к. потери на поглощение в линзах и хроматическую дисперсию в малом рефракторе весьма незначительны.

2) Разрешающая сила одинакова для обоих типов, т. к. зависит исключительно от линейного отверстия об'ектива.

3) Ахроматизм рефлектора, помимо важного значения его для передачи истинного цвета об'екта, имеет еще ту выгоду, что позволяет, при наличии часового механизма, пользоваться одним и тем же инструментом как для визуальных целей, так и для фотографии.

4) При нерегулярных наблюдениях и отсутствии постоянной установки рефлектор, вследствие нежности монтировки и необходимости периодического серебрения зеркала, не может конкурировать с портативным и всегда готовым к работе рефрактором.

---

*) Опыт показал, что после трех месяцев отражательная способность зеркала падает до 69%. Быстрота потускнения зеркала широко варьирует в зависимости от ухода за ним и климатических условий.

5) Рефлектор обходится значительно дешевле рефрактора; можно принять, что стоимость 100 *мм* рефрактора равна в среднем стоимости 150—200 *мм* рефлектора. Если 4-дюймовый рефрактор имеет много преимуществ по сравнению с рефлектором тех же размеров, то он даст во всяком случае гораздо меньше, чем 6-дюймовый рефлектор. Это соображение, вместе с возможностью сравнительно легко построить рефлектор собственными средствами, имеет решающее значение для обсерватории, стесненной в денежном отношении.

Самодельные и подзорные трубы. В настоящее время любителю трудно получить из за-границы необходимые инструменты и приходится поневоле обращаться к собственному уменью. Многие строят телескопы из картонных или жестяных трубок с вставленными в них очковыми стеклами; такой инструмент, перенося наблюдателя в XVII столетие, не выдерживает, конечно, сравнения с небольшим самодельным рефлектором и может служить лишь для ознакомления с небом, но не для серьезных и планомерных наблюдений, кроме, разве, счета солнечных пятен. При линзе от круглых „американских“ очков диаметр об'ектива будет около 40 *мм*, что даст возможность видеть звезды до 10 величины и делить наиболее яркие двойные с расстоянием до 3″. Чтобы ослабить влияние хроматической аберрации лучше брать для об'ектива линзу в 0.5 диоптрии*); фокусное расстояние такой линзы для бесконечности составит около двух метров. Не говоря уже о трудности центрировки линз при такой длине трубы, сама задача отыскания слабого об'екта и удержания его в поле зрения может превратиться в испытание терпения наблюдателя, если труба прогибается или штатив не обладает достаточно плавными движениями. Линза силою в 1 диоптрию позволит сократить длину трубы до 1 метра за счет ухудшения качества изображения вследствие ахроматизма. При дешевизне и доступности очковой трубы, ее

*) F очковых линз выражается обыкновенно числом диоптрий, причем одной диоптрии соответствует F в 1 метр и число диоптрий обратно пропорционально F линзы.

можно рекомендовать лицам, не располагающим средствами на обзаведение более солидным инструментом, но если представляется возможность приобрести подзорную трубу с об'ективом в 40—50 *мм* и увеличением в 20—30 раз, то последней следует отдать решительное предпочтение перед трубой из очковых стекол. Преимущества, даваемые подзорной трубе двухлинзовым об'ективом очевидны, и хорошая подзорная труба по качеству изображений может вполне удовлетворить даже тем строгим требованиям, которые пред'являются к собственно астрономическим трубам. Как одну из выгод подзорной трубы следует отметить возможность успешного применения ее для наблюдений переменных звезд. Если удалить обращающую систему, расположенную в направленном к об'ективу конце окулярного колена, то с оставшимся астрономическим окуляром четырехколенная труба даст увеличение в 8—12 раз при об'ективном поле зрения в $2^1/_2$—3^0 и явится удобным инструментом для наблюдения переменных в пределах 6—8 зв. величины. Трубы с бо́льшим числом колен дают без обращающей системы относительно сильное увеличение и будут для этой цели малопригодны. Помимо этого, большое число колен может легко повлечь прогиб корпуса трубы и искажение изображений.

Бинокли. Имеющиеся в обращении бинокли можно разделить по оптической конструкции на две категории: 1) Галилеевские и 2) призматические бинокли. Трубка бинокля первого типа построена по принципу телескопа Галилея и состоит из двухлинзового ахроматического об'ектива и двояковогнутой рассеивающей окулярной линзы. В некоторых моделях об'ектив состоит из одной линзы; такие бинокли, конечно, негодятся, как страдающие хроматизмом. При небольшом суб'ективном поле зрения бинокля Галилея, редко достигающем 25—30°, применение сильных увеличений имеет то неудобство, что истинное поле оказывается при этом очень малым, вследствие чего увеличения больше 6-кратного почти не применяются. Диаметр выходного зрачка у существующих моделей Галилеевского бинокля лежит между 6 и 20 *мм* и т. о. превышает в большинстве случаев максимальный диаметр глазного зрачка.

Поэтому определение проницающей силы бинокля лишь по линейному отверстию об'ектива может повести к ошибочному заключению. Если обозначим через d и d' соответственно диаметры выходного и глазного зрачка и через M—увеличение бинокля, то при $d > d'$ действующее отверстие об'ектива бинокля при расчете проницающей силы следует принимать равным Md_1.

Преимущества больших об'ективов при $d > d'$ заключаются в большем поле зрения, которое у Галилеевских биноклей зависит от размеров об'ектива.

Одним из недостатков бинокля Галилея является неравномерность освещения поля зрения, причем в центральной сравнительно небольшой зоне яркость освещения равномерна и постепенно падает к краю поля. Это обстоятельство может повлечь ошибки при определении относительной яркости об'ектов, находящихся в различных частях поля зрения, и при наблюдении переменных звезд следует каждую сравниваемую звезду приводить в центральную часть поля.

Призматические бинокли отличаются от обыкновенной астрономической трубы тем, что в них пучок света, идущий от об'ектива, испытывает ряд полных внутренних отражений от поверхностей призм, помещенных на его пути. Таких призм обыкновенно бывает две. Ход лучей в призматическом бинокле показан схематически на рис. 19.

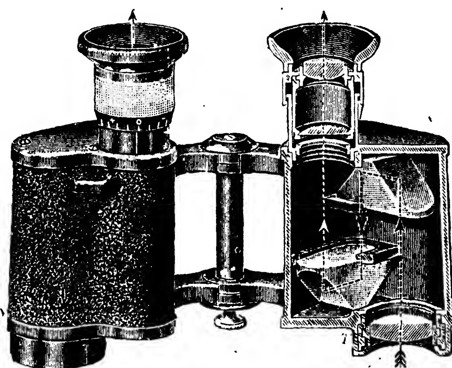


Рис. 19.

Применением призм достигается троякая выгода: 1) уменьшается длина трубок бинокля, т. к. световой пучек как бы складывается втрое в своем пути к окуляру, 2) получается прямое изображение об'екта, 3) представляется возможным увеличить расстояние между об'ективами сравнительно с расстоя-

нием между глазами наблюдателя и соответственно повысить дальность рельефного видения. Последнее преимущество не имеет значения в случае наблюдения небесных тел, находящихся далеко за пределами стереоскопического зрения. Вредное влияние призм сказывается с уменьшении прозрачности бинокля вследствие потери света на отражение и поглощение в призмах.

Популярность призматических биноклей в любительской практике обусловлена преимущественно широким применением их для наблюдений переменных звезд. С этой стороны бинокль должен сочетать два достоинства: большую проницающую силу и большое истинное поле зрения. Среди многочисленных моделей призматических биноклей наиболее подходящими для наблюдения переменных являются бинокли с об'ективами от 30 *мм* и выше и увеличением не более восьмикратного. Истинное поле зрения таких биноклей лежит в пределах 6 — 9°. Сильное увеличение следует рассматривать скорее как отрицательное качество бинокля, т. к. оно суживает истинное поле и затрудняет пользование биноклем при отсутствии штатива.

Бинокли различных фирм сильно разнятся между собою по оптическим достоинствам; поэтому безопаснее остановить выбор на инструментах лучших фирм, к которым относятся: *Цейсс*, *Герц*, *Фохтлендер*, *Буш* (Германия), *Краусс* (Франция).

В предлагаемую статью не включены элементарные сведения по геометрической оптике, которые могут быть почерпнуты из курсов физики; не представилось, также, возможным подробно останавливаться на отдельных вопросах, почему статья не может претендовать на полноту и разработанность в деталях. Для тех, кто пожелает ближе ознакомиться с устройством и действием телескопических систем и, в частности, с постройкой инструментов собственными средствами*), ниже приводится перечень вышедшей за последние годы относящейся литературы:

*) Весьма часты, между прочим, случаи, когда в распоряжении наблюдателя имеется труба, но нет штатива. В этом случае можно рекомендовать брошюру А. А. Чикина «Астрономическая труба из очковых стекол» (см. ниже), где даны указания о постройке штатива средствами любителя.

Баранов А. Школьный астрономический городок. ГИЗ ЛГ 1925. 137 стр. 1 р. 80 к.

Богданович Н. Г. Любительские обсерватории. Статья в Русск. Астр. Календаре за 1928.

Богданович Н. Г. Фотографическое испытание астрономических об'ективов. Статья в Русск. Астр. Календаре за 1929.

Максутов Д. Минимальное и максимальное увеличение. Окулярные наборы. Статья в № 2 журн. «Мироведение» за 1925.

Михайлов А. О призматических биноклях. Статья в Русск. Астр. Календаре за 1919.

Муратов С. В. Зеркальный телескоп и его приготовление. Научное К-во ЛГ 1926. 50 коп.

Муратов С. В. Шлифовка линз любительскими средствами. Научное К-во ЛГ 1927. 36 стр. 40 коп.

Муратов С. В. Любительская астрономическая обсерватория. Часовые механизмы для телескопов. Изд. РОЛМ ЛГ 1918. 15 стр. 15 коп.

Мурашкинский В. Е. Оптика бинокля. Изд. Главной Палаты Мер и Весов. ЛГ 1925. 231 стр. 4 р. 50 к.

Набоков М. Е. Астрономические наблюдения с биноклем. ГИЗ МСК 1928. 79 стр., 60 к.

Турыгин И. и *Муратов С.* Окуляры для телескопов. Статья в № 2 журн. «Мироведение» за 1927.

Чикин А. А. Отражательные телескопы. Издание РОЛМ. ЛГ 1915. 118 стр. (распродано).

Чикин А. А. Астрономическая труба из очковых стекол. Научное К-во. ЛГ 1928. 75 стр. 45 коп.

ОТДЕЛ V

ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ

Отдел V.

Инструкции для наблюдений.

1. Инструкция для наблюдений Солнца.

1. ВВЕДЕНИЕ. — СПОСОБЫ НАБЛЮДЕНИЯ.

Научные наблюдения Солнца можно производить инструментами самых разнообразных размеров, начиная с больших экваториалов, кончая карманными подзорными трубами и даже самодельной трубой из очковых стекол.

Яркость света Солнца не позволяет смотреть на него непосредственно; существуют два способа избежать это затруднение.

Во-первых, можно ослаблять солнечный свет цветными стеклами, привинченными перед окуляром. Окраска их должна быть достаточно темна для того, чтобы Солнце не резало глаза, но в то же время вредна и противоположная крайность, т. к. при слишком темном стекле детали плохо видны. Что касается до цвета стекол, то лучше всего стекла зеленые и голубые, далее идут синие и дымчатые, если только они не пропускают красных лучей, наименее удобны стекла красные, т. к. они пропускают много тепла и детали пятен, а в особенности факелов видны в них плохо. Если нет никакого стекла, то можно воспользоваться сильно почерневшей фотографической пластинкой, или же просто стеклом густо закопченным на свечке. В маленьких трубах (до 2 дм.) темные стекла применяются с большим успехом, но в больших от сильного нагревания, они часто лопаются, что представляет большую опасность для глаз. Поэтому приходится большие об’ективы диафрагмировать, что ведет

к ухудшению изображения. Наилучшие результаты в этом случае дает пользование специальным солнечным окуляром, в котором свет ослабляется другими способами (поляризацией, отражением и пр.).

Второй способ наблюдения Солнца состоит в том, что перед окуляром ставится экран, на который и отбрасывается изображение. Экран непременно должен быть скреплен с самой трубой и при том так, чтобы плоскость его была ей перпендикулярна. Необходимо еще иметь возможность легко менять расстояние экрана от трубы, т. к., приближая или удаляя его от окуляра, мы будем уменьшать или увеличивать диаметр изображения. Этот способ весьма удобен при определении размеров и положения пятен, но в смысле видимости деталей он уступает предыдущему. Можно однако и на экране наблюдать мелкие детали, но для этого нужно защитить его от постороннего света. Лучше всего, если есть возможность, устроить темную комнату, в которой находится наблюдатель с экраном, в то время как об'ектив трубы торчит наружу.

Для всех рекомендуемых ниже наблюдений следует применять слабое увеличение, именно такое, чтобы весь диск Солнца помещался в поле зрения.

2. СТАТИСТИКА СОЛНЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

Общие положения. Самой важной и в то же время самой простой задачей любительских наблюдений Солнца является статистика солнечной деятельности по способу Вольфа, состоящая в счете пятен и групп. Для этой работы достаточно иметь самую малую подзорную трубку. Здесь важно получить данные для каждого дня, что можно достигнуть лишь в том случае, если наблюдения будут вестись в нескольких местах, удаленных одно от другого. СССР находится в этом отношении в особенно выгодных условиях: благодаря большому протяжению страны всегда найдутся места, где небо в данный день ясно. Недостает только наблюдателей, которые пользовались бы им.

Условия работы. Приступая к статистическим наблюдениям, следует иметь в виду, что они будут иметь научную ценность лишь при строгом соблюдении следующих

2 условий: 1) *Наблюдать надо регулярно*, по возможности каждый ясный день, дабы накопить в течение года возможно большее число наблюдений, и 2) наблюдения должны производиться всегда *совершенно одинаковым способом*, т. е. одним и тем же инструментом, при одном и том же увеличении и с тем же самым темным стеклом (если наблюдения производятся визуально) или при одном и том же диаметре диска (если наблюдают на экране).

Эти условия заставляют выбирать такие инструменты, которыми наблюдатель может пользоваться круглый год; гнаться за размером или качеством здесь не приходится. Особенно удобны складные подзорные трубы на легких деревянных треногах. С таким инструментом можно выйти на двор, на улицу, забраться на крышу, лишь бы поймать Солнце и не пропустить дня для наблюдения; в случае от'езда его можно взять с собой.

Особенно важно не пропускать ясных дней *зимой*, когда они редки и каждое наблюдение имеет огромную ценность. Далее, выгодно избрать временем для работы *утро*. В случае, если небо раз'яснится лишь к вечеру, наблюдение производится позднее и день не пропадает; между тем как, если временем наблюдений избран вечер, то все те дни, в которые утром было ясно, а вечером облачно — пропадают.

Порядок наблюдений. Самые наблюдения состоят в следующем. Наблюдатель зарисовывает все группы пятен, которые видны в данный день на Солнце. При этом нет надобности гнаться за красотой и художественностью рисунка. Важно только отметить все пятна, которые были видны, а также правильно передать их расположение. Если определение координат пятен не производится, то полезно нанести на зарисованный заранее круг (на экране или просто на глаз) положения групп, чтобы иметь возможность отождествить их в следующий раз. Если видны факелы, то следует обвести занятую ими область, для измерения количества факелов в градусах заключающего их угла.

При наблюдении отмечается время с точностью до $^1/_4$ часа (указать, по какому поясу) и качество изображений;

последнее можно оценивать словесно („хорошее“, „плохое“, „среднее“) или же по какой-либо условной цифровой шкале.

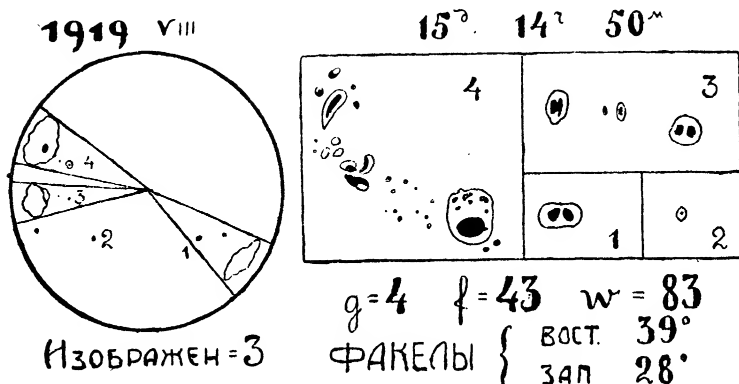


Рис. 1. Пример записи наблюдений.

Счет пятен и групп. Пятна и группы считаются уже по рисункам. При этом следует иметь в виду, что одиноко (вне группы) стоящее пятно или пóра тоже считается за группу. За пятно считается: а) каждое ядро или часть ядра, отделенная от соседней светлым веществом или полутенью, б) всякий обособленный кусок полутени, не содержащий ядер. Определив число групп g и число пятен f, вычисляем Вольфово число w по формуле: $w = f + 10g$, т. е. к числу пятен прибавляем удесятеренное число групп.

Для пояснения сказанного приведем следующие примеры. Если на Солнце только одно пятно, то $g = 1$, $f = 1$ и $w = 11$; если пятен нет совсем, то $w = 0$; след. значений между 0 и 11 w принимать не может. Если имеется одно пятно, ядро которого пересечено светлым местом, то $g = 1$, $f = 2$ и $w = 12$; если близ него появился отдельный клок полутени, то $g = 1$, $f = 3$ и $w = 13$. Пусть на Солнце видно 3 группы, содержащие в сумме 26 пятен и одно одиночное пятно, тогда $g = 4$, $f = 27$ и $w = 67$ и т. д.

Измерение площадей пятен служит весьма ценным дополнением статистических наблюдений; оно ведется непременно на экране с помощью диаграммы, которую легко устроить самому.

Чертим окружность желаемого диаметра. На полученном круге возможно тщательнее вырисовываем маленькие кружки таких размеров, чтобы их площади шли в определенной пропорции. Всего удобнее выражать площадь пятен S в долях площади солнечного диска. Примем за единицу 1 : 1 000 000 часть площади диска, тогда круглое пятно такой площади будет иметь поперечник около 2″. Теперь нетрудно расчитать поперечники кружков диаграммы. В нижеследующей таблице даны диаметры кружков шкалы в *мм* для диаметра круга = 100 *мм*.

Диам. *мм*	$\frac{S}{\odot \times 10^{-6}}$	Диам. *мм*	$\frac{S}{\odot \times 10^{-6}}$	Диам. *мм*	$\frac{S}{\odot \times 10^{-6}}$	Диам. *мм*	$\frac{S}{\odot \times 10^{6}}$
0.1	1	1.7	300	3.2	1000	5.5	3000
0.3	10	2.0	400	3.5	1200	5.9	3500
0.7	50	2.2	500	3.9	1500	6.3	4000
1.0	100	2.4	600	4.5	2000	6.7	4500
1.4	200	2.8	800	5.0	2500	7.1	5000

Для того, чтобы перейти к любому другому диаметру круга, надо помножить числа в графе „диаметр“ на выбранный диаметр круга в *мм* и разделить на 100. На рис. 2 (см. также отдельн. оттиск на кальке) дана диаграмма с кругом в 100 *мм* [1]).

Наблюдения ведутся след. образом. Диаграмма укрепляется на экране. Далее, приближая и удаляя экран, добиваемся точного совпадения размера изображения Солнца с кругом диаграммы. Затем поочередно сравниваем все пятна с кружками шкалы и на глаз оцениваем их площадь. Для пятен круглой формы это делается весьма уверенно с точностью по крайней мере до $^1/_2$ ступени, а то и больше. Пятна неправильной формы сравнивать труднее; нередко приходится мысленно разбить пятно на ряд округлых частей и каждую долю смерить отдельно.

---

[1]) Аналогичная диаграмма дана в «Путеводителе по небу» Покровского. Гиз., 1923 стр. 48. Пользоваться ею не следует, т. к. она вычерчена неправильно.

Пятно круглой формы, находясь близ края диска, также выглядит удлиненным вследствие перспективы. В этом случае необходимо сравнить не площадь пятна, а его *на-*

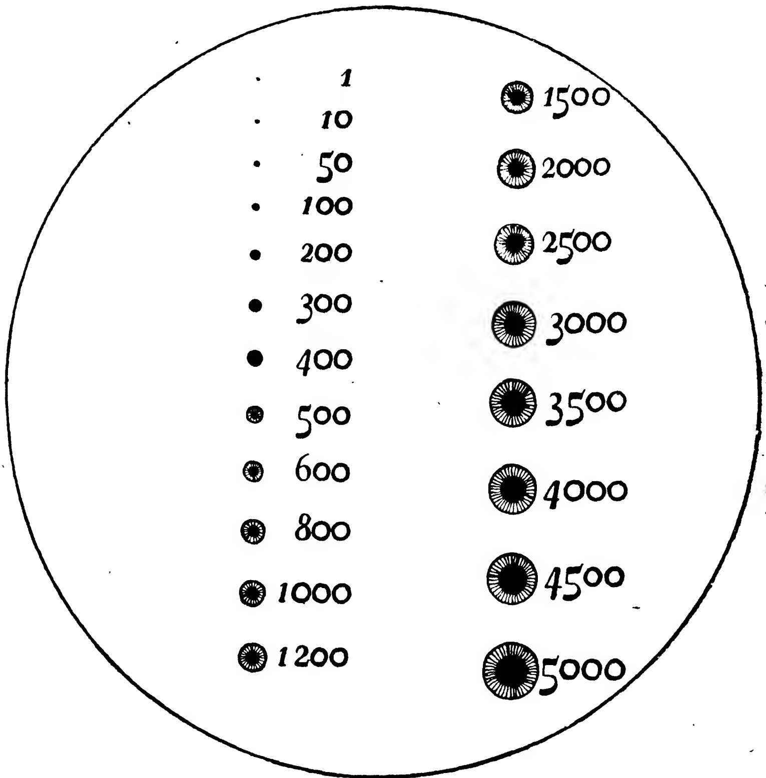


Рис. 2.

ибольший диаметр; площадь кружка с таким же диаметром очевидно даст действительную, исправленную за перспективу, площадь пятна.

Получаемые числа пишут на рисунках, рядом с изображениями соответствующих пятен. Затем результаты суммируются по группам, и, сложив вместе суммарные площади всех групп, получим общую площадь за данный день.

Статистика факелов. Для этой цели предложены разные способы, из которых мы опишем только один. На круге, изображающем диск Солнца, тщательно зарисовывается область, занятая факелами. Если производятся определения положения пятен, то это делают на том же чертеже. Затем проводят радиусы диска, касательные к этой области (черт. 1); угол между ними и служит мерой количества факелов.

Сводка результатов. Результаты наблюдений за каждый месяц записываются в виде таблиц по следующей форме.

Статистические наблюдения Солнца за . . . . месяц . . . . года. Наблюдатель . . . . Место наблюдения . . . . Инструмент (фирма, диаметр об'ектива) . . . . Увеличение . . . . Способ наблюдения: (указать цвет темного стекла или диаметр изображения на экране) . . . .

№№.	Число.	Час.	Изображения.	g	f	w	Факелы.			S	Примечание.
							Вост.	Зап.	Всего.		

В графе №№ нумерация наблюдений ведется с начала года, и каждый *год* (а не месяц) возобновляется сначала. Факелы пишутся отдельно для восточного и западного краев диска, и кроме того записывается их общая сумма. Внизу таблицы записываются средние значения g, f, w и числа факелов за месяц. По окончании года вычисляются средние значения тех же величин за год по *суточным* (а не месячным) значениям, т. е. сумма всех значений за год делится на число дней наблюдений в году.

3. РЕГИСТРАЦИЯ ГРУПП СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН.

Изучение строения групп. Второй задачей любительских наблюдений, также вполне доступной для небольших инструментов, является изучение строения групп пятен. Уже поверхностное наблюдение показывает, что пятна в группах распределяются в определенном порядке. Так обычно наиболее крупным и правильным является западное (переднее по перемещению по диску) пятно; это крупное пятно называют „*головным*“. Далее, в большинстве случаев группы бывают вытянуты с запада на восток и нередко замыкаются вторым крупным, но менее правильным

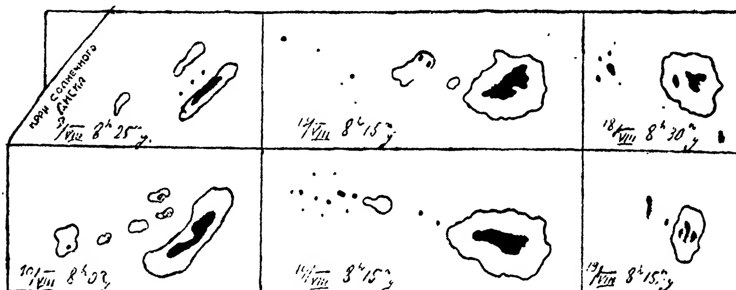


Рис. 3. Пример сводки рисунков группы.

„*хвостовым*“ пятном. В настоящее время в связи с измерениями магнитных сил в пятнах все эти особенности приобрели важный физический смысл; однако изучение их находится еще в зачаточном состоянии.

Для изучения строения группы нужно собрать вместе рисунки одной и той же группы за разные дни и расположить их по порядку; тогда сразу станет видно, как менялась структура группы по мере ее развития. Если группа образовалась или исчезла на видимом с Земли полушарии Солнца, то очень важно точно установить день, когда это случилось.

Систематизированные по *группам* (а не по дням) рисунки прилагаются к статистическим наблюдениям. При этом необходимо, чтобы были даны рисунки всех групп, не исключая и самых мелких пор. Пример сводки рисунков группы дан на рис. 3.

Классификация групп. В описанной работе большую помощь может принести применение классификации, описанной ниже. В этой классификации, построенной на геометрическом принципе, очень важное значение имеет строгое разграничение терминов „пятно“ и „пóра“. Под пятном мы будем понимать всякое ядро (или группу ядер), хотя бы частично окруженное полутенью; пòрой будем называть ядро, совершенно лишенное полутени, какого бы размера оно ни было.

Все типы групп разделяются на 4 основных класса, обозначаемых римскими цифрами; каждый класс разделяется на семейства, обозначаемые малыми латинскими буквами; семейства дробятся на подсемейства, для обозначения которых приняты арабские цифры.

I класс составляют одиночные пятна; мелкие пòры вокруг в расчет не принимаются. Класс разделяется на семейства:

a) правильное пятно с целым ядром,

b) неправильное пятно с разбитым ядром и изорванной полутенью,

c) двойное пятно,

d) многократное пятно.

II класс содержит группы, представляющие собою цепь пятен или цепь пор, содержащую по крайней мере одно пятно. Семейства:

h) Головное пятно с хвостом из пор. Соответственно строению последнего различаем подсемейства: *1*) одна пора, *2*) кучка пор, *3*) цепь из пор. Семейство *IIh* представляет собою переходную ступень между I и II классами.

c) Два пятна одинаковых или западное большее (если восточное больше, то получается класс II *ec*). Подсемейства *c1* и *c2* различаются в зависимости от отсутствия или наличия пор между пятнами.

d) Цепь многих пятен: *d 1* — головное пятно выделяется своим размером или формой; *d 2* — головное пятно не выделяется,

a) Треугольные группы *a 1* — хвостовые пятна разделены, *a 2* — хвостовые пятна охвачены общей полутенью, *a 3* — треугольник ориентированный так, что трудно указать головное пятно.

b) Многоугольные группы, состоящие из головного пятна и нескольких пятен на востоке; *b1*, *b2*, *b3* — аналогично предыдущему.

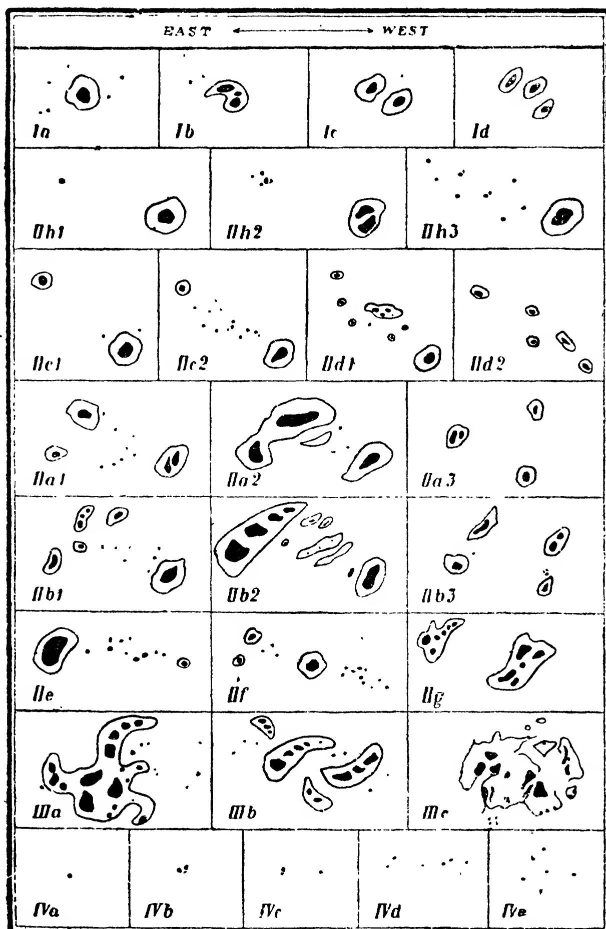


Рис. 4. Классификация солнечных пятен.

e) Перевернутые группы, в которых большим и правильным является восточное пятно. Строение западной

части группы обозначается соответственно уже рассмотренным типам, при чем их обозначение пишется после *e*, Таким образом, изображенная у нас на чертеже группа получает обозначение *IIec* 2.

f) Головное пятно по средине; буква, обозначающая строение восточной половины группы, пишется слева от *f*, а для западной — справа. Изображенная в таблице группа будет обозначена: *IIafh*. Редкий тип.

g) Группы состоящие из двух неправильных кусков полутени, заполненных ядрами. Редкий тип, переходный к III классу.

III класс. Группы-пятна. Особый тип крупных групп, состоящих из многих неправильно расположенных ядер, охваченных *общей полутенью.* Семейства:

a) вся группа закручена ветвистой спиралью,

b) ядра расположены изогнутыми цепями,

c) группы без заметного спирального строения.

IV класс. Группы, состоящие из одних пор (без пятен). Различаем след. семейства:

a) одиночная пора;

b) кучка тесно расположенных пор или двойная пора;

c) две поры или две кучки пор на расстоянии одна от другой;

d) цепь пор;

e) безпорядочно раскиданные поры.

Сводка результатов. Результаты регистрации групп составляются в виде след. таблицы:

Список групп за . . . . . . месяц . . . . год.
Наблюдатель . . . .

№	Полуш.	*CM*	Строение	Площадь	Примечание

Полушарие Солнца, в котором находилась группа, обозначается буквами *N* (северное) или S (южное). *CM* обо-

значает дату прохождения группы через *центральный меридиан* Солнца (см. ниже); в этот день группа всего ближе к центру диска. При отрывочных наблюдениях определение этой даты может оказаться несколько затруднительным; во всяком случае полезно помнить, что прохождение через центральный меридиан происходит на 7 день после появления группы на вост. краю диска; через 6 дней после него группа заходит на зап. краю.

В графе „строение“ указываются все классы, через которые группа проходила в своем развитии. В графе „площадь“ дается сумма площадей всех пятен группы для каждого дня измерения. Наконец в графе „Примечания“ отмечается образование или исчезновение группы на видимом полушарии Солнца и пр. Приложение рисунков групп за все дни наблюдения совершенно необходимо.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН.

Определение широты и долготы пятен на поверхности Солнца возможно различными способами, из которых некоторые дают возможность при наличии самых скромных средств производить измерения с большой точностью; их описание читатель найдет в статьях, перечисленных ниже. Для многих целей однако достаточно определять положение пятен приближенно, с точностью до 2—3°. Для этого мы укажем способ, состоящий в получении чертежа Солнца на экране. Этот способ оказался наиболее удобным на практике и применяется многими наблюдателями в течение ряда лет.

Солнце на небе или на экране представляется нам плоским кружком. Пятна и другие детали проектируются на плоскость, перпендикулярную лучу зрения, называемую *картинной плоскостью*. Самое определение положения пятен разбивается на две части: 1) определение положения пятна на диске путем наблюдений и 2) вычисление гелиографических координат.

Счет долгот. Для счета долгот необходимо выбрать на Солнце начальный меридиан, подобно тому как на Земле мы пользуемся меридианом Гриничским. Прежде всего заметим, что меридиан, проходящий через центр диска,

называется *центральным*. Это будет единственный меридиан, который на чертеже изобразится прямой линией, при чем последняя будет в то же время проекцией оси Солнца на картинную плоскость. Из наблюдений сначала всегда получается долгота от центрального меридиана λ. Она считается *положительной* для пятен в *западной* половине диска (прошедших через центр. мерид.) и *отрицательной* в *восточной*. Так. обр. пятно, появляющееся на вост. краю, имеет λ близкое к -90^0, заходящее на западном к $+90^0$. Вследствие вращения Солнца λ увеличивается на 13^0 в сутки. В табл. I суточное изменение λ дано с большой точностью для различных широт (b). Пользуясь ею, нетрудно, зная хотя бы для одного дня λ и широту пятна b, рассчитать момент прохождения пятна через центр. меридиан, который обязательно указывается в каталоге групп с точностью до 0.1 суток.

Табл. I.

b °	λ °
0—5	13.4
5—10	13.4
10—15	13.2
15—20	13.1
20—25	12.9
25—30	12.8
30—35	12.5

Для того, чтобы избежать неудобства, вызываемого быстрым изменением долготы от центр. меридиана, ввели долготу от условного меридиана, вращающегося вместе с Солнцем. Различие в скорости вращения на разных широтах представляет здесь большое затруднение, т. к. долготы, отнесенные к меридиану, вращающемуся со скоростью одной зоны, не будут постоянны для пятен другой. Кроме того, самый меридиан, ничем не отмеченный на непостоянной поверхности Солнца, будет понятием чисто математическим. Чаще других применяется меридиан Кэррингтона, проходивший через восходящий узел солнечного экватора 1 января 1884 в 0 ч. 0 м. ср. Гр. вр. и совершающий оборот в 25.380 суток. Скорость эта близка к действительной на широте $\pm 14^0$, изменение долготы для других широт не превзойдет 1^0 в сутки. Долготу в этой системе мы будем обозначать буквой l.

Инструмент и экран. Для определения положения пятен необходимо, чтобы инструмент был установлен достаточно прочно. По крайней мере он не должен дрожать от легкого прикосновения карандаша к экрану и колебаться от ветра. Параллактическая монтировка и в особенно-

сти часовой механизм сильно облегчают работу и увеличивают точность наблюдений.

Самые наблюдения, как уже было сказано, состоят в получении чертежа Солнца на экране. Мы не станем входить в технику изготовления последнего, но укажем те условия, которым он должен удовлетворять, а именно: 1) экран должен быть обязательно скреплен с самой трубой, а не стоять на отдельной подставке, иначе точная ориентировка становится невозможной; 2) плоскость экрана должна быть перпендикулярна трубе; 3) необходимо иметь возможность легко и удобно менять расстояние экрана от окуляра, хотя бы в узких пределах.

Перед наблюдением экран покрывается листом чистой бумаги с начерченным на нем кругом. Затем наводят трубу точно на фокус, после чего, приближая и удаляя экран от окуляра, добиваются точного совпадения размеров изображения Солнца и круга на экране.

Следует помнить, что изображения на экране при небесном окуляре будут *прямые* и *зеркальные*, т.-е. N будет наверху, S — внизу, W — налево и E — направо, т. к. Солнце движется справа налево.

Ориентировка. Для последующей обработки чертежа необходимо его *ориентировать*, т.-е. получить на нем некоторое определенное направление. Для этого выбирают какое-нибудь пятно, лучше маленькое и резкое, и ставят его на правом краю экрана. Положение его отмечают точкой и оставляют трубу неподвижной. Пятно будет двигаться по экрану влево и положение его время от времени отмечают точкой, пока оно, пройдя весь экран, не дойдет до левого края. Мы получаем ряд точек, которые дают *направление суточного движения* Солнца; его с достаточной точностью можно принять совпадающим с небесной параллелью. Чтобы не спутать точки ориентировки с отметками пятен на круге, лучше расположить их так, чтобы они проходили вне круга.

Всю эту операцию лучше проделать дважды: до отметки пятен и после нее. На ориентировку нужно обратить особое внимание: *главная причина неточности любительских наблюдений лежит именно здесь.* Ориентировка по двум отметкам пятна очень неточна, особенно, если они

лежат близко одна от другой. На чертеже совсем без ориентировки определять положение пятен нельзя вовсе.

Отметка пятен. Самая главная часть наблюдений состоит в зарисовке пятен на круге. Для этого его точно совмещают с изображением Солнца, после чего центры пятен отмечают точками с помощью мягкого карандаша.

Рис. 5. Отметка пятен.

Если нет часового механизма, то удобнее работать вдвоем: один двигает трубу, а другой заносит пятна, но при некотором навыке нетрудно справиться с задачей и одному.

Когда чертеж готов, необходимо еще несколько раз проверить положение каждого пятна во избежание ошибок, происходящих от неточности совмещения изображения с кругом на экране.

Отмечать надо следующие точки в группах: I класса — центр пятна, II класса — центр головного и главных хво-

стовых пятен. III класса — главнейшие ядра и обвести полутени, IV класса — обвести всю группу или отметить крайние пятна.

Если видны факелы, то следует обвести также область, занятую ими, это послужит для измерения их количества в градусах заключающего их угла, а также к определению их широты.

Порядок наблюдений. Таким образом наблюдения ведутся в следующем порядке: 1) труба фокусируется, 2) размер изображения Солнца приравнивается к размеру круга на экране, 3) определяется направление суточного движения, 4) отмечаются пятна и факелы, 5) второй раз определяется направление суточного движения. После этого чертеж снимается с экрана, на нем пишется дата и час наблюдения (указать какое время, если поясное, то какого пояса) и расставляются №№ групп и страна света.

Дальнейшая работа по измерению чертежа заключается в следующих операциях:

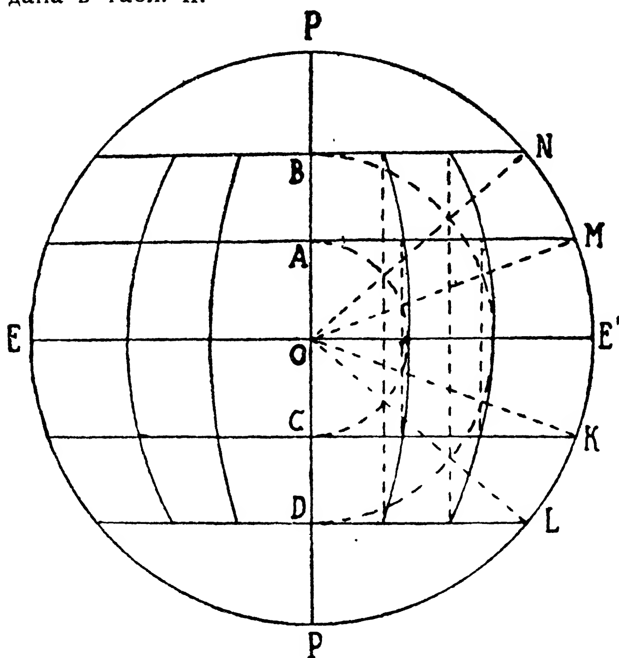
Черчение оси Солнца. Проводим по ориентировочным точкам прямые, указывающие направление суточного движения до и после наблюдения; затем опускаем на них перпендикуляры из центра диска; если они не совпадают, то проводим биссектрису образованного ими угла. Это будет *круг склонений* (направление к полюсу мира) (черт. 5).

Из таблицы «физические координаты Солнца» даваемой в переменной части Календаря, берем величину P, которая представляет собою угол между проекцией оси Солнца и кругом склонений. Он отсчитывается от *северной* точки круга склонений и для *северного* полюса Солнца имеет знак + к *востоку* и — к *западу*. Отложив этот угол на нашем чертеже, проведем ось Солнца (центральный меридиан).

Приготовление сетки. В дальнейшем нам нужна будет сетка, изображающая ортографическую проекцию кругов шара на плоскость одного из меридианов; в такой проекции изображаются обычно карты Луны.

Сетка приготовляется так. Чертят круг радиуса R равного радиусу чертежей Солнца и проводят 2 перпендикулярных диаметра: центр. меридиан $P'P$ и экватор $E'E$ (черт. 6). Затем от центра O по OP и OP' откладывают отрезки OA, OB и т. д., равные произведению ради-

уса на синусы широты через 10^0 ($x = R \sin b$); величина $\sin b$ дана в табл. II.



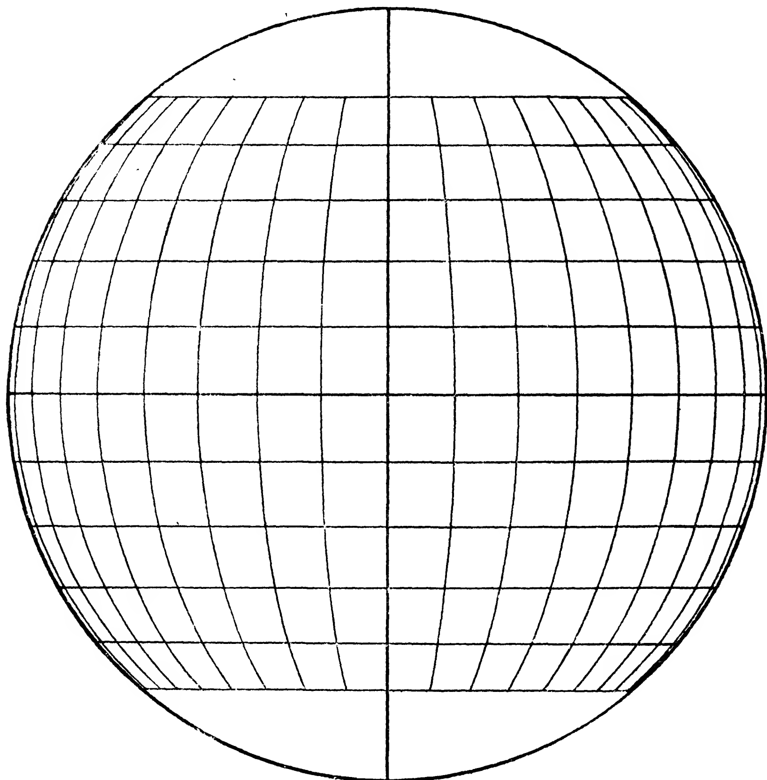
Черт. 6

Таблица II.

Прямоугольные координаты точек пересечения меридианов и параллелей через 10° для $R = 1$.

b	$y = \sin b$	$x = \cos b \sin \lambda$								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0.000	0.174	0.342	0.500	0.643	0.766	0.866	0.940	0.985	1.000
10	0.174	0.171	0.337	0.492	0.633	0.755	0.853	0.926	0.970	0.985
20	0.342	0.164	0.321	0.470	0.604	0.720	0.814	0.884	0.926	0.940
30	0.500	0.151	0.296	0.433	0.557	0.663	0.750	0.814	0.853	0.866
40	0.643	0.133	0.262	0.383	0.493	0.587	0.663	0.720	0.755	0.766
50	0.766	0.112	0.220	0.322	0.413	0.493	0.557	0.604	0.633	0.643
60	0.866	0.087	0.171	0.250	0.322	0.383	0.433	0.470	0.492	0.500
70	0.940	0.060	0.117	0.171	0.220	0.262	0.296	0.321	0.337	0.342
80	0.985	0.030	0.060	0.087	0.112	0,133	0.151	0.164	0.171	0.174

Проведя через полученные точки A, B, C... хорды, перпендикулярные PP', получим параллели. Т. к. в высоких широтах пятна не наблюдаются, то можно ограничиться проведением параллелей до 50^0 широты. Далее, на каждой параллели от точки пересечения ее PP' откладывают от-



Черт. 7.

резки y, равные $^1/_2$ хорды, помноженной на синус долготы через 10^0, а т. к. $^1/_2$ хорды $= R \cos b$, то $y = \cos b \sin \lambda$; множитель $\cos b \sin \lambda$ также дан в табл. II. Соединив точки с одинаковыми λ плавными кривыми с помощью лекала или просто от руки, получим меридианы. Напр.,

параллель $b = 40^0$ при $R = 85$ *мм* пересечет OP на расстояни $x = 85 \times 0.643 = 54.7$ *мм*; точка пересечения ее с меридианом $\lambda = 30^0$ окажется отстоящей от OP на $y = 85 \times 0.383 = 326$ *мм*. Таким образом мы получаем сетку кругов через 10^0 широты и долготы. На черт. 7 представлена такая сетка в масштабе $R = 50$ *мм*, прилагаемый отдельный оттиск сетки на кальке предназначен для непосредственного пользования.

Определение координат. Сетку накладываем на чертеж так, чтобы центральный меридиан совпал с осью Солнца и отсчитываем с точностью до 1^0 величины b_0 и λ_0. Эти величины еще не представляют собою действительной широты b и долготы λ, т. к наша сетка построена в предположении, что ось Солнца перпендикулярна лучу зрения, в то время как обычно она образует с перпендикуляром некоторый угол D. Этот угол D, который в то же время обозначает *широту центра диска*, также дается в таблице физических координат. Таким образом необходимо измеренные величины b_0 и λ_0 исправить.

Таблица III.
Δb и A

Аргумент для Δb. λ_0 \ D	0	1	2	3	4	5	6	7	D / λ_0 Аргумент для A.
0	0	1	2	3	4	5	6	7	90
10	0	1	2	3	4	5	6	7	80
20	0	1	2	3	4	5	6	7	70
30	0	1	2	3	3	4	5	6	60
40	0	1	2	2	3	4	5	5	50
50	0	1	1	2	3	3	4	4	40
60	0	0	1	2	2	3	3	3	30
70	0	0	1	1	1	2	2	2	20
80	0	0	0	1	1	1	1	1	10
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Δb имеет знак D.

Таблица IV.
$\Delta\lambda$.

A \ b_0	0	10	20	30	40
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	1	2
3	0	1	1	2	3
4	0	1	1	2	3
5	0	1	2	3	4
6	0	1	2	3	5
7	0	1	3	4	6

$\Delta\lambda$ имеет знак произведения: $D \times \lambda_0 \times b_0$.

Для этого из табл. III по λ_0, взятому из *левого* столбца и D находим поправку Δb; прибавив ее к b_0, получим действительную широту $b = b_0 + \Delta b$.

Поправка Δb имеет всегда знак D.

Затем по той же табл. III, но уже пользуясь *правым* столбцом λ_0, найдем величину A; по величинам A и b_0 из табл IV находим поправку долготы $\Delta\lambda$ и далее действительную долготу $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$.

Поправка $\Delta\lambda$ имеет знак произведения: $D \times \lambda_0 \times b_0$, иначе говоря, ее всегда надо прибавлять к абсолютному значению долготы в том полушарии, *полюс которого обращен к нам*, и вычитать в другом.

Найденная долгота λ есть долгота от центр. меридиана. Чтобы найти долготу l от меридиана Кэррингтона, надо знать долготу центрального меридиана L в этой системе. Величина L также дана в таблице физических координат; беря ее из этой таблицы следует помнить, что вследствие быстрого ее изменения надо учитывать не только день, но и час наблюдения. Сложив алгебраически L и λ получим $l = \lambda + L$.

Если l получится больше 360^0, то из нее надо вычесть 360^0, если она получится отрицательной, то надо прибавить 360^0.

Пример. На чертеже, полученном Е. Л. Криновым 22 июля 1926 в 8 ч. 10 м., измерены координаты b_0 и λ_0. Дальнейшие вычисления располагаем так:

Измерение: $b_0 = +9^0$	$\lambda_0 = -27^0$	По табл. физ. координат Солнца
По табл. III $\Delta b + 4^0, A = 3^0$	По табл. IV: $\Delta\lambda - 1^0$	$D = +5^0$
$b + 13^0$	$\lambda - 28^0$	L
	L 194^0	в ср. Гр. полд. 192^0
	l 166^0	изм. за 4 час. 2^0
		L 194^0

Результаты измерений координат каждой группы выписываются в виде отдельной таблицы по следующей форме:

№   Группа № . . . .

Черт.   на CM . . . .

№	Черт.	Координаты.					Строение.	Площадь.
		Дата.	Голова.		Хвост.			
			b	l	b	l		

Параллельно с этим в таблице «список групп» (см. выше) вводятся графы, в которых пишутся средние значения координат по всем наблюдениям; сведения же о строении и площади групп из указанной таблицы исключаются.

5. ЛИТЕРАТУРА.

Белопольский А. Пятна на Солнце и их движение. Ученые Записки Москов. Унив. Отдел Физ. Мат. вып. VII М. 1887.

Вильев М. Теория физических наблюдений светил И. Р. А. О. Вып. 21. 1915—16.

Златинский В. Солнце, его природа и физическое строение. Инструкция к наблюдениям солнечных пятен. Митава. 1911.

Иванов Н. И. Наблюдения Солнца. Гиз. 1928.

Левицкий Г. О наблюдениях солнечных пятен И. Р. А О. Вып. V. 1896.

Набоков М. Наблюдения Солнца и определение координат солнечных пятен И. Р. А. О. XIV. 1908—9.

Набоков М. Получение точного рисунка Солнца. «Мироведение», 1923, № 1.

Розанов А. Определение положения пятен на поверхности Солнца И. Р. А. О. вып. XIII, 1907—8 и XIV, 1908—9.

Розанов А. Упрощенный способ определения положения солнечных пятен в элементах Кэррингтона. Русск. Астрон. Кал., XXVIII на 1925.

Селиванов С. Определение положения солнечных пятен. «Мироведение», 1918, № 1.

Шаронов В. Статистические наблюдения Солнца. «Мироведение», 1920 № 1.

Шаронов В. Физические координаты Солнца для эпохи 1800—1950. Ежегодник Гос. Вычислит. Ин-та на 1923.

Шаронов В. Определение положения пятен на Солнце. «Мироведение» 1924, № 1.

Шаронов В. Счет солнечных пятен. Русск. Астрон. Кал., XXVIII на 1925.

Шаронов В. Исследование строения групп солнечных пятен. «Мироведение», 1925, № 2.

Таблица физических координат Солнца на каждый год печатается в переменной части Р. А. К.

Наблюдения всех видов должны присылаться в Отдел Наблюдений Солнца при Р. О. Л. М. Ленинград, ул. Союза Печатников, 25—А, кв. 45 обязательно ***помесячно***, по возможности сразу же по истечении каждого месяца. Результаты обработки любительских наблюдений Солнца систематически печатаются в журналах: «Мироведение» и «Астрономический Бюллетень Б. Н. Н. Р. О. Л. М.».

2. Инструкция для наблюдений Луны.

Для небольших оптических средств любителя астрономии Луна является одним из наиболее благодарных об'ектов, благодаря своей близости к Земле, вследствие чего и при слабом увеличении на ней можно видеть много подробностей, а яркий свет ее дает возможность при благоприятных атмосферных условиях применять наибольшие увеличения.

Работы по наблюдению Луны любителю рекомендуется начать с зарисовок у трубы какой-либо местности при различной высоте Солнца над нею. Это приучит глаз и руку верно изображать видимое. Серия таких рисунков одной и той же местности при сравнении между собою уже может дать интересные результаты и в научном отношении. Предметов для такого изучения очень много: например, системы светлых лучей Коперника, Кеплера, Прокла, Мессье и др. Можно отмечать их появление, исчезновение, протяженность, зарисовывая их форму при возрастающей и убывающей фазе. Такие же наблюдения можно провести и над темными пятнами, имеющимися в некоторых местах на поверхности Луны. Рисунки каждого цикла следует рассматривать только по окончании всех наблюдений, чтобы быть более или менее уверенным в их беспристрастности, т. к. легко повторить запомнившиеся детали предыдущих набросков. Для каждого рисунка необходимо точно отмечать положение терминатора во время его составления, что потребуется при сравнении рисунков между собою. Это в одинаковой мере относится и ко всяким другим, произведенным с научной целью наблюдениям. Поэтому для времени каждого наблюдения приходится определять положение терминатора. Остановимся на этом подробнее.

Напомним, что на картах Луны центральный меридиан *) обозначается 0^0, и долготы (λ) от него отсчитываются к востоку и западу до 90^0. Изображение Луны на картах

*) Который обращен к Земле при либрации равной нулю. Основной точкой Луны для всех измерений на ее поверхности является кратер Мёстинг *A* ($\beta = -2^0 11'.4$; $\lambda = +5^0 10'.3$).

рисуется в обращенном положении, именно так, как Луна видна в телескоп: восток — направо, запад — налево, север — внизу, юг — вверху. Западные долготы обозначают знаком — (минус), восточные + (плюс). Расстояние предметов по широте (β) от лунного экватора обозначается градусами северной (+) и южной (—) широты.

Положение терминатора можно вычислить по формулам:

$$l_s = l_t - L_t - 90^0 \text{ (до полнолуния)}$$
$$l_s = l_t - L - 270^0 \text{ (после полнолуния)},$$

где l_s — селеноцентрическая долгота терминатора; l_t — геоцентрическая долгота центра Луны; L_t — геоцентрическая долгота центра Солнца. Но так как величины l_t и L_t даются только в больших иностранных ежегодниках, как „Nautical Almanac“ и др., которых у любителей под руками не найдется, то приводим здесь извлечение из специально составленных для этого таблиц. Из них любитель с достаточной точностью сможет найти положение терминатора на каждый день в течение ближайших 14 лет (1928 — 1941). В данном случае начало года считается с марта.

1928	334°.6	1935	135°.1	Март 1	6°.1	Сентябрь 1	92°.4
1929	205°.0	1936	353°.3	Апрель 1	23°.2	Октябрь 1	98°.4
1930	75°.4	1937	223°.6	Май 1	29°.7	Ноябрь 1	116°.1
1931	305°.8	1938	94°.8	Июнь 1	48°.3	Декабрь 1	121°.1
1932	164°.0	1939	324°.4	Июль 1	54°.9	Январь 1	138°.1
1933	34°.3	1940	182°.6	Август 1	73°.8	Февраль 1	155°.0
1934	264°.7	1941	53°.0				

В 1 день граница терминатора продвигается на 12°.15, в час — на 0°.51.

Способ пользования. Из долготы, приводимой для начала года (1 марта), надо вычесть угол соответствующий данному дню. Определим, например, долготу терминатора для 16 июня 1933. Для начала этого года дан угол 34°.3; для 1 июня 48°.3. Таким образом для 16 июня угол будет равен

$$48^0.3 + (12^0.15 \times 15) = 48^0.3 + 182^0.2 = 230^0.5$$

Полученное число следует вычесть из 34°.3:

$$34^0.3 - 230^0.5 = 394^0.3 - 230^0.5 = 163^0.8.$$

Как же понимать последнее полученное число? Здесь надо запомнить следующее: 1) число между 0° и 90° обозначает *западную* долготу *утренней* границы света (терминатора); 2) если число получится в пределах между 360° и 270°, то его надо вычесть из 360°, и разность даст *восточную* долготу *утренней* границы света; 3) если получится число между 270° и 180°, то разность между ним и 180° будет указывать *западную* долготу *вечерней* границы света; 4) наконец, при числах между 180° и 90°, вычитая их из 180°, мы получим *восточную* долготу *вечерней* границы света. Полученное выше число 163°.8 соответствует именно последнему случаю: разность между 180° и этим числом составляют 16°2, т.-е. терминатор в 0 час. ср. Гр. вр. 16 июня 1933 будет проходить по 16°.2 восточной долготы при убывании Луны.

Сложность лунного рельефа и подавляющее количество деталей не должны смущать начинающего. Во всяком новом деле нужен некоторый навык, и, если он приобретен, наблюдения такого рода будут становиться все более и более плодотворными.

Можно заняться еще наблюдением цветных оттенков различных областей на Луне. Особенно богаты ими лунные моря. Оттенки эти настолько слабы, что начинающий ничего не заметит, кроме различных степеней пепельно-серой и белой окраски. Здесь уже нужна некоторая опытность глаза, помимо хорошо ахроматизованного об'ектива и окуляров. Употребление светофильтров может помочь, особенно если суметь поместить несколько различных фильтров на одну стеклянную передвижную пластинку, для быстрой и удобной смены их. Тогда будет легче отметить перемены, вносимые ими в яркость и видимость деталей. Эта нежная, часто зеленоватая окраска становится видимой лишь вблизи полнолуния. Интересно подметить ее появление в различных местах. Интенсивность окраски можно отмечать по небольшой — в несколько баллов шкале.

Цветные оттенки можно встретить на морях: Дождей (северная половина и по хребту Аппенин), Ясности, Холода, Влажности, Облаков (южная часть), Изобилия, Кризисов (западный край), на Океане Бурь (восточный берег), темные пятна на юго-запад от Коперника, вблизи Аристарха, темное кольцо вокруг Тихо, Гримальди, область к югу от Моря Влажности и Моря Облаков, на север от Абульфеда и Декарта, Вернера и Региомонтануса.

В пределах возможности астронома-любителя и фотографирование Луны. Его наиболее легко произвести в фокусе об'ектива. Правда, изображение получается тогда довольно мелким (диаметр его приблизительно равен $\frac{F}{100}$ *), где F — фокусное расстояние об'ектива), но зато весьма резким и уже при $3''$ трубе можно получить изрезанную линию терминатора с отчетливым изображением отдельных, более крупных кольцевых образований.

Практически это можно выполнить проще всего следующим образом: в небольшой доске, размером несколько превышающем размер имеющейся кассеты, вырезается круглое отверстие с таким расчетом, чтобы в него плотно входила окулярная часть трубы. К дощечке прикрепляется зажим для кассеты. (Удобно его сделать таким же, как употребляемые в копировальных рамках). На об'ектив надевается картонный щит с вырезанной щелью, шириною в 1 — 2 *см* и приклеенными по бокам двумя крышками, свободно надевающимися на об'ектив, и камера готова. Теперь необходимо приготовить противоореольную пластинку и произвести наводку на химический фокус (фокус фиолетовых лучей). Пластинку **) приготовить весьма просто. Для этой цели в темной комнате намазывают стеклянную поверхность ее слоем (в 1 — $1\frac{1}{2}$ *мм*) охры, густо разведенной в воде. Высушив, вставляют ее в кассету, а после экспозиции, перед проявлением, аккуратно счищают. Наводка на фокус производится сперва с помощью матового стек-

---

*) Точнее $D = \frac{F \times 33{,}5}{3438}$

**) Противоореольные пластинки могут быть приобретены в готовом виде.

ла, а затем вдвигают слегка окулярную трубку, отмечая ее положение после каждого снимка (напр., по ранее нанесенной на ней миллиметровой шкале). Делается это потому, что фокус оптический немного длиннее химического. Для получения нескольких снимков на одной пластинке приходится каждый раз несколько передвинуть кассету по доске. На первой же пластинке, среди нескольких расплывчатых изображений, получится одно в достаточной мере резкое,—оно и отвечает химическому фокусу об'ектива. Самая с'емка производится следующим образом: открыв кассету и наведя трубу по искателю, предварительно выверенному, снимают крышку с об'ектива и пропускают движением руки перед ним щель (не очень быстро; экспозиция $^1/_5$—$^1/_2$ сек.). Затем надевают на об'ектив другую крышку затвора и закрывают кассету. Наилучшая быстрота продвижения щели находится очень легко после нескольких снимков опытным путем.

Снимки с окулярным увеличением требуют уже несколько более сложных приспособлений. Во-первых нужна уже небольшая камера с механическим затвором (удобно с раздвижным мехом, что даст возможность получать снимки с различным увеличением). Необходимо, чтобы она прочно надевалась на окулярную часть трубы. Эта последняя должна обладать микрометрическим движением (для экваториала по α; для инструмента с азимутальной установкой по a и h), т. к. при экспозиции придется уже вести ее за суточным движением Луны. В искателе *) должен иметься крест нитей, который можно легко сделать и самому в случае его отсутствия. В этом случае экспозиция при малом увеличении должна быть от $^1/_2$—1 сек., а при большом до 6 сек. и более, в зависимости от чувствительности пластинок и увеличения. Сконструировать такую камеру не так уже мудрено, в особенности, если отдельно приобрести затвор (очень удобен для этой цели шторный затвор) и мех, но все же трудно обойтись без помощи слесаря. Здесь необходимо добиться перпендикулярного

---

*) Желательно по возможности усилить его увеличение, доводя его до $\times 20$ и более, что увеличит резкость изображения при с'емке с большим увеличением.

положения пластинки к оптической оси об'ектива. Можно с успехом воспользоваться также обыкновенной фотографической камерой, если вывинтить у нее об'ектив и устроить приспособление для прикрепления к окулярной части трубы. Этими способами можно получить также интересные снимки лунного затмения.

Имеется еще одна сторона в изучении поверхности нашего спутника, которая открывает самую широкую возможность принести пользу науке. Это фотометрические исследования лунных образований. Оставим здесь совершенно в стороне наблюдения с помощью фотометров, как более сложные, доступные далеко не всякому и требующие применения специальных приборов. Но в той же мере, как и наблюдения переменных звезд, можно для многих целей получать достаточно точные результаты одним визуальным сравнением яркости различных деталей рельефа Луны с точками, яркость которых уже известна (см. таблицы в конце статьи).

Наблюдения можно вести в двух направлениях.

1. *Оценка яркостей в полнолуние* (табл. I) *). Сами оценки производятся или по 10-бальной системе, предложенной еще Шретером (1791), где 0^0 — черный (тени гор) переходит через ряд оттенков серого, желтого и белого до 10^0 — ослепительно белого, или по способу Пикеринга, применяющемуся при наблюдениях переменных звезд. Шкала Шретера может на первый взгляд показаться неточной и произвольной. Однако фотометрические измерения яркости, полученные Э. Пикерингом (1882) для 59 деталей лунной поверхности (табл. I), показали, что эта глазомерная шкала такая же логарифмическая, как и шкала звездных величин и 1^0 ее в среднем равен 0.6 вел. Медлер дает довольно подробное описание этой шкалы, которое ниже приводится полностью для того, чтобы лучше разобраться в хаосе оттенков на Луне:

1^0. Почти черно-серый, редкий на Луне и обычно только в частях Гримальди и Риччиоли; все же иногда к нему приближаются части дна цирка Платона и некоторые небольшие пятна в Море Паров.

---

*) Müller. «Photometrie der Gestirne» s. 343.

1^0-2^0. Эта степень встречается чаще; очень темно серая. Части дна Платона, Босковича и Шикарда.

2^0. Чисто темно-серая, встречается в Юлии Цезаре и многих пятнах вокруг Моря Паров.

2^0-3^0. Менее темно-серая, встречается в большинстве морей; в Море Кризисов и частях Моря Спокойствия, на краю Моря Ясности.

Во всех этих разновидностях серой окраски лежат два различных оттенка — а именно: чисто-серая, спускающаяся до темно стальной серой, а также коричневато-серая, спускающаяся до черновато-коричневой окраски, причем часто наблюдаются промежуточные между ними оттенки.

3^0. Средняя серая окраска, меняющаяся от беловатой до определенно желтой и образующая большую часть поверхности лунных морей; также часто она встречается внутри кольцевых равнин. Так, вблизи Шретера многочисленные долины и некоторые холмы Пифагора имеют от 2^0 до полных 3^0 яркости. Эту же яркость имеют внутренние поверхности Парро и Плиния.

3^0-4^0. Светло-серая с желтоватым оттенком, — очень распространена — наблюдается внутри большинства кольцевых равнин, также как и большинства долин.

4^0. Общая окраска возвышенных областей Луны, как и некоторого числа долин, кажется от 4^0 — желтовато-серой до 6^0—светлой серовато-белой.

5^0. Чистая светло-серая, средняя между предыдущими, является обычной яркостью и окраской многих лунных гор, краев кольцевых равнин и гор, напр., Бульяльдуса; таким же блеском обладают большинство светлых лучей, как, например, на поверхности вокруг Кеплера (кольцевые горы, имеющие систему лучей, окружены сейчас же за валом более темным кольцом, обычно в 4^0 яркостью, достигающей у Аристарха всего только 2^0). Лучи Коперника имеют $5^0.5$ яркости.

6^0. Только в некоторых местах, особенно в юго-западном квадранте или вблизи края Луны общая яркость становится больше и достигает этой степени. То же надо сказать про валы в наиболее гористых и светлых местно-

стях. К последующим классам можно отнести только сравнительно небольшое число кольцевых образований.

6^0 (светло-беловато-серый) — 7^0 (серовато-белый). Сюда относятся отдельно стоящие горы, достигающие в редких случаях 8^0 (чисто-белой). Эти две степени (6^0 — 8^0) обычно видны во всех гористых местностях, тем не менее наиболее высокие пики не всегда являются наиболее светлыми. Так, в редких исключениях, ничтожные возвышения ни по положению, ни по структуре, ни по высоте не обращающие на себя внимание, достигают 9^0. 7^0 имеет дно Ариадеуса.

7^0 — 8^0. Большое число об'ектов являются кратерными равнинами и кратерами, у которых часто дно, валы и окружающая местность кажутся одной и той же яркости и представляют в полнолуние отдельные резко очерченные белые пятна. В разных местах также можно заметить такие пятна небольших размеров вблизи терминатора, не являющиеся возвышенными или вообще заметными.

9^0 Об'екты этой яркости очень редки. Сюда относятся частично валы Прокла, часть поверхности вокруг Лекселля и некоторые возвышенности, являющиеся, очевидно, пиками или маленькими кратерами. Сюда же относится местность, окружающая Аристарха 9^0 (ярко-белой) — 10^0 (ослепительно-белой). Внешний вал Аристарха 10^0. Внутренний вал Аристарха, центральная горка которого может быть даже немного ярче 10^0.

Если обратить внимание на то, что инструментальных определений яркости имеется очень мало, а визуальные определения в значительном количестве даны только Медлером и Нейсоном более 40 лет назад, да и то лишь для более крупных образований, то станет ясно, какие наблюдения полезно произвести. Можно наметить здесь несколько задач.

а) Определения яркости дна кольцевых форм более мелких диаметров *) (начиная от 30 — 40 *км*); чем обширнее и разностороннее наблюдательный материал и чем более

---

*) В статье Г. Г. Тюрка «Визуальная фотометрия Луны» (журн. «Мироведение» № 1 1923) дан список областей, по квадрантам, где яркость дна, независимо от величины образований, вообще почти не оценивалась.

мелкие формы он охватит, тем ценнее будут результаты, необходимые при статистических исследованиях. Сюда же можно отнести оценки яркостей валов, центральных горок, темных и светлых пятен, так резко выступающих в полнолуние.

б) Желательно более подробно заняться определением яркости морей, фотометрированных только в самых общих чертах, а также систем светлых лучей (интересно определить ослабление их на морях и равнинах для различных лучей и систем и сравнить яркости лучей разных систем) и ярких точек лунной поверхности.

в) Имеющему возможность пользоваться книгой *E. Neison „Der Mond“*, можно посоветовать также повторно оценивать яркости мест, приводимые в ней. Они получены Медлером и проверены автором книги. Это дает проверку старых определений и может также натолкнуть в отдельных случаях на столь значительное разногласие, которое нельзя будет об'яснить ошибкой наблюдения; с некоторой долей вероятности можно тогда предполагать, что за промежуток времени, протекший от наблюдений Медлера и Нейсона, произошло некоторое изменение в отражательной способности данной местности. Так, при повторных наблюдениях, Нейсоном было в свое время обнаружено такое значительное расхождение с оценками Медлера при изучении небольшого пятна в образовании Вернер (на *NW* от центральной горки). Медлер дал оценку 10^0. Нейсон же нашел его уже значительно потускневшим.

Применяемые иногда при наблюдениях Луны в полнолуние темные стекла, лучше не употреблять, т. к. нельзя быть вполне уверенным в равномерности их окраски. Это в равной мере относится также к наблюдению цветных оттенков.

2) *Наблюдения изменения яркости в связи с фазой*:

Видимая яркость B в любой детали поверхности Луны определяется из формулы

$$B = Ekf(\tau, \varepsilon) \sec \varepsilon,$$

где E — освещенность детали Солнцем при нормальном падении на нее света, τ — угол падения света на данную

деталь, равный зенитному расстоянию Солнца Z_s, ε — угол отражения света от данной детали на Землю, равный Z

$f(\tau, \varepsilon) = \frac{\cos\tau \cos\varepsilon}{\cos\tau + \cos\varepsilon}$ *) — функция, выражающая зависимость количества отраженного к нам данной деталью света от величины двух указанных углов, — ее называют также законом отражения света от данной поверхности, k — коэффициент отражения света (k всегда < 1).

Зависимость τ и ε от селенографических координат деталей (λ и β), а также координат Солнца (λ_s и φ_s) и Земли (λ_t и φ_t) для момента наблюдения дают формулы сферической астрономии

$$\cos\tau = \sin\varphi_s \sin\beta + \cos\varphi_s \cos\beta \cos(\lambda - \lambda_s)$$
$$\cos\varepsilon = \sin\varphi_t \sin\beta + \cos\varphi_t \cos\beta \cos(\lambda - \lambda_t)$$

Сравнения яркости намеченного пункта производятся по способу Пикеринга с 20 деталями, профотометрированными Вислиценусом (1895), при различных условиях освещения; координаты деталей даны в таблице II. Для каждого такого сравнения можно найти яркость наблюденной детали для момента, когда оно было произведено, вычислив для деталей сравнения значения τ и ε, и найдя по наблюдениям Вислиценуса их яркость в тот же момент. Необходимые для этого φ_t, λ_t, φ_s, λ_s (т. наз. физические координаты Луны) даются с 1929 в переменной части Календаря. Необходимо заметить, что Вислиценус при своих измерениях закрывал самую деталь (координаты которой указаны в табл. II) непрозрачным экраном, соответствующим 20″ на Луне, так что он дает яркость не самих деталей, а ближайших окрестностей экрана. В виду этого при наблюдениях следует делать сравнения не с самими точками (табл. II), а с об'ектами, расположенными от них на расстоянии около 10″. Это же обстоятельство не позволяет сопоставить относительные яркости точек, общих обеим шкалам, т. к. в таблице I в отличие от таблицы II профотометрированы сами указанные детали. Яркости деталей сравнения лучше вычислять при обра-

*) В приведенном виде она дана Зелигером.

Таблица 1.

№ №.	Название.	Относительная яркость. по Пикерингу.	Яркость в баллах $1^0 = 0.6$. по Пикерингу.	Оценки визуальные.	№ №.	Название.	Относительная яркость. по Пикерингу	Яркость в баллах $1^0 = 0.6$. по Пикерингу	Оценки визуальные.
1	Центр. горка Аристарха	100.0	$10^0.0$	10^0	14	Вал Лагира	$25^0.1$	$7^0.5$	$6^0.5$
2	Внутренность „	100.0	10.0	9.5	15	„ Кеплера	25.1	7.5	7.0
3	Вал Прокла . . .	75.9	9.5	8.5	16	„ Гортензия . . .	25.1	7.5	7.5
4	„ Цензорина . .	69.2	9.3	9.0	17	„ Канта	20.9	7.2	6.0
5	„ Мерсеня *C* . .	63.1	9.2	8.5	18	„ Година	20.9	7.2	8.0
6	„ Гиппарха *C* . .	52.5	8.8	8.5	19	„ Коперника . .	20.9	7.2	8.0
7	„ Дионисия . . .	52.5	8.8	9.0	20	„ Теона Младшего . .	19.1	7.0	7.0
8	„ Боде	39.8	8.3	8.0	21	„ Вихмана	19.1	7.0	7.0
9	„ Эвклида . . .	36.3	8.2	7.5	22	„ Театетуса . . .	17.4	6.8	6.5
10	„ Мёстинга *A* . .	36.3	8.2	9.0	23	„ Боде *B*	17.4	6.8	7.0
11	„ Укерта . . .	33.1	8.0	7.5	24	„ Макробиуса . .	15.8	5.6	6.0
12	„ Мерсеня *B* . .	30.2	7.9	9.0	25	„ Мёстинга . . .	14.5	6.5	6.0
13	„ Боде *A* . . .	27.5	7.7	8.5	26	„ Флемстида . . .	14.5	6.5	6.0

27	Вал Пикара . . .	$12^0.0$	$6^0.2$	$5^0.5$	44	Внутренность Озу . .	$2^0.1$	3^01	$2^0.5$
28	„ Тимохариса . .	11.0	6.0	5.5	45	„ Мариуса .	2.1	3.1	2.5
29	„ Ландсберга . .	11.0	6.0	5.0	46	„ Меркатора .	1.9	2.8	3.0
30	Окрестности Кеплера .	10.0	5.8	5.0	47	„ Эндимиона	1.7	2.6	2.0
31	Вал Лангренуса . .	8.3	5.5	6.5	48	„ Питатуса .	1.6	2.6	2.5
32	Внутренность Герике .	8.3	5.5	4,0	49	„ Тарунция .	1.6	1.6	3 0
33	Срединный Залив . .	8.3	5.5	4.5	50	„ Гиппалуса .	1.6	2.6	2.5
34	Окрестность Архимеда	8.3	5.5	5.0	51	Долина Фурье . . .	1.1	1.8	2.0
35	„ Аристилла	7.6	5.3	4.5	52	„ Флемстида . .	1.1	1.8	3.0
36	Дно Птоломея . . .	6.9	5.2	4.0	53	„ Юлия Цезаря .	1.0	1.8	2.0
37	„ Манилиуса . .	6.3	5.0	4.0	54	„ Гримальди . .	0.9	1.5	1.0
38	Поверхность Ганзена .	5.8	4.8	3.5	55	„ Крюгера . . .	0.9	1.5	2.0
39	Вал Араго	4.8	4.5	5.0	56	„ Цупуса . . .	0.8	1.3	1.5
40	Равнина Мерсеня . .	4.4	4.4	3.5	57	„ Лемонье . . .	0.8	1.3	1.5
41	Вал Бесселя . . .	4.0	4.3	6.0	58	„ Билли . . .	0.8	1.3	1.5
42	Внутренность Теофила .	2.3	3.2	3.0	59	„ Босковича . .	0.6	0.7	1.5
43	„ Архимеда	2.3	3,2	3.5					

Таблица II.

№ №	Название.	Описание.	λ	β	ε_m	Относительная яркость по Вислиценусу *)
			°	°	°	
I (31)	Лангренус	Внутренность около пика *B* по Медлеру	+60.6	— 8.4	60.9	48
II	Море Кризисов	Внутренность	+58.0	+16.0	59.0	13
III (47)	Эндимион	"	+54.0	+54.0	70.0	28
IV	Море Изобилия	К *E* от Лангренуса	+55.0	— 8.0	55.0	23
V	Пикколомини	Внутренность	+31.6	—29.2	41.9	36
VI	Море Спокойствия	К *N* от Торричелли	+28.0	— 3.0	28.0	17
VII	Плиний	Внутренность	+23.4	+15.0	27.8	58
VIII	Море Ясности	Центральная область	+19.0	+27.0	32.0	17
IX	Вернер	Внутренность	+ 3.0	—27.0	27.9	40
X (33)	Срединный Залив	Центр	0.0	0.0	0.0	28
XI	Около Лекселля	Немного севернее его	— 5.0	—34.0	34.3	100
XII	Платон	*SW* часть дна	— 9.0	+51.0	52.0	23
XIII	Тихо	Центральная горка и валы	—11.9	—42.9	34.2	48
XIV	Море Облаков	Центральная часть	—15.0	—15.0	21.0	21
XV (19)	Коперник	Центральная горка	—19.9	+ 9.3	21.8	53
XVI	Море Дождей	К *S* от Геликона	—22.0	+38.0	43.0	13
XVII	Около Кеплера	К *S* от Кеплера	—38.0	+ 6.0	38.0	36
XVIII	Аристарх	Центральная горка	—47.2	+23.3	51.4	100
XIX	Океан Бурь	К *O* от Мариуса	—53.0	+12.0	54.0	12
XX (54)	Гримальди	Северная половина	—68.0	— 4.0	68.0	23

*) Данные относятся к полнолунию.

ботке после наблюдений; вычисленные заранее они будут только способствовать получению предвзятых оценок.

В заключение приведем небольшой список темных пятен, сильно меняющих яркость в связи с фазой, которые было бы интересно профотометрировать указанным способом:

№	Местность.	λ	β	Примечания
1	Альфонс	4°.5	—13°	Резко очерчены в полнолуние. Вблизи терминатора ничем не отличающиеся ровные поверхности. Одно треугольное, другое овальной формы.
2	„	—2.	—13	
3	Атлас	+43	+45.5	Круглое. Лежит в южной части равнины.
4	„	+42	+48	Тянется от северной центральной горки до вала.
5	Около Гамбара *C*	—11	+ 3	Большие пятна.
6	„ Гамбара *E*	—14	+ 5	
7	Петавиус	+60°	—24	В полнолуние яркость 1°.5.
8	„	+60	—28	„ „ „ 2°.
9	Риччиоли	—77	— 3	Овальное.
10	Шикард	—56	—42	„

Пятна можно найти также на восточном краю Моря Нектара, в Море Паров, вблизи Коперника, Эратосфена, Аристарха и других местах.

Пособия, полезные при наблюдениях:

Гальперсон С. «Атлас Луны» II изд. «Научного Книгоиздательства» ЛГ. 1922. 90 к.

Муратов С. «Наблюдения Луны» (с картой и подробным списком деталей лунной поверхности по квадрантам и в алфавитном порядке). Ежегодник Р. А. О. за 1911.

C. Gaudibert. «*Carte de la Lune*», начерченная *Leon Fenet* (диам. = 0.66 *м*) — приложение к журналу «*L' Astronomie*» за 1890.

E. Neison. Der Mond. Braunschweig, 1882, вместе с атласом для детального изучения (диам. Луны — 0.62 *м*).

(Любителю легко достать из этих книг только первую). Остальную литературу о Луне см. в отделе «Астрономическая библиография».

3. Инструкция для наблюдений покрытий звезд Луною.

Несмотря на глубоко разработанную теорию, движение Луны до сих пор еще представляет много загадок, и самые лучшие таблицы не в состоянии представить его с полной точностью.

Как показали многочисленные работы последних лет, явления покрытий звезд Луною могут служить весьма ценным материалом для изучения отклонений видимого движения Луны от теоретического. Ценность таких наблюдений еще больше повысится, если они будут иметь массовый характер.

Любители, пожелавшие заняться такими наблюдениями, кроме небольшой трубы, должны обладать часами с секундной стрелкой (лучше всего маятниковыми), имеющими достаточно правильный ход. Приступая к наблюдениям, необходимо выяснить пригодность часов, которыми располагает наблюдатель. С этой целью производится ряд определений поправок часов ежедневно в течение 10—15 дней. Такие многократные определения поправок часов должны показать, что число секунд, на которое часы в каждые сутки спешат или отстают (т. наз. ход часов), не должно колебаться более чем на 1.5 секунды. В противном случае часы для наблюдений не годятся.

Подкарауливать момент появления звезды из-за лунного диска довольно трудно. Можно поэтому рекомендовать ограничиваться лишь моментом исчезновения звезды. При наличии зазубрин и неправильностей лунного диска оказывается совершенно достаточным, если момент исчезновения звезды отмечен с точностью до целой секунды.

Браун (*E. W. Brown*) советует производить наблюдения с помощью секундомера, поступая следующим образом.

Наблюдатель подкарауливает момент покрытия с секундомером, поставленным на нуль и в момент покрытия нажимает кнопку и пускает секундомер в ход. Затем он идет к часам и останавливает секундомер в тот момент, когда секундная стрелка часов начинает новую минуту.

Число секунд, показанное секундомером, вычтенное из числа минут и часов, замеченных на часах, дает показание часов в момент покрытия. Придав с надлежащим знаком к этому показанию поправку часов, получим время, соответствующее моменту покрытия. Секундомер должен сохранять достаточно правильный ход в течение одной, двух минут. Ошибки, накопляющиеся за это время, не должны превышать ± 0.5 сек. Способ этот имеет большие преимущества. Доводя ошибку в отсчете до минимума, он позволяет производить наблюдения одному. Нет надобности, следя за часами, отрываться от трубы или держать счет ударов секундного маятника.

Можно, конечно, обойтись без секундомера. В таком случае лучше наблюдать вдвоем. Наблюдатель у часов отмечает момент покрытия по сигналу наблюдателя у трубы. Таким сигналом может служить просто отрывистый крик. При пользовании карманными часами наличие двух наблюдателей необходимо. Если же имеются часы с секундным маятником и при этом удары маятника хорошо слышны у трубы, можно наблюдать и одному, замечая по часам какую-либо близкую к моменту покрытия целую минуту и считая число ударов маятника от этой минуты до момента исчезновения звезды. (Счет ударов начинать словом «нуль», совпадающим с моментом начала минуты).

Редкие карманные часы имеют ход, достаточно точный для этих наблюдений. Само собой разумеется, что такие часы должны находиться все время в одном и том же положении, например, висеть ушком вверх, или лежать, ибо ход карманных часов чрезвычайно сильно меняется в зависимости от их положения. Вообще часы, употребляемые для наблюдений, должны оберегаться от сотрясений, резкой перемены температуры и т. д. Поправку часов необходимо определять каждые сутки и записывать в специальный журнал. Журнал часов за месяц должен быть посылаем

вместе с наблюдениями. Необходимо указывать, введены ли в наблюдения поправки часов.

Инструменты, обстановка и условия, в которых произведены наблюдения, должны быть указаны. Например: небо чистое, легкие циррусы, сомнительное наблюдение, поле зрения сильно освещено, звезда плохо видна в лучах Луны, звезда скрылась за освещенным или неосвещенным краем Луны и т. д.

Необходимо указать географические координаты места наблюдения с точностью, хотя бы $1'—2'$ географической широты и 5 сек. долготы. Для определения долготы могут служить наблюдения покрытий, если широта места каким-либо образом уже определена (см. отд. III).

Для определения широты и местного времени можно воспользоваться кольцом проф. С. Глазенапа или методом Гарцера, изложение которого приведено в Рус. Астр. Кал. на 1912 в статье В. Каврайского «Определение времени без астрономических инструментов и тригонометрических вычислений», а также в «Путеводителе по небу» К. Д. Покровского.

Моменты покрытий должны быть отмечены по поясному времени.

В Рус. Астр. Кал. ежегодно даются таблицы покрытий для главнейших городов Союза. Ими можно пользоваться при наблюдении покрытий в местах, близких к этим городам, с риском, правда, долго или даже напрасно прождать явление. Там же даются элементы покрытий звезд, пользуясь которыми можно с достаточной степенью точности определить моменты покрытия для места наблюдения (если известны его географическая широта и долгота), при помощи графического способа проф. Ковальского или смешанного способа, которые изложены в отд. II.

4. Инструкция для наблюдений планет.

Прежде чем давать указания и темы для наблюдений планет, которые могли бы иметь научное значение, скажем несколько слов о *первоначальных* наблюдениях. Для любителей, не имеющих никаких инструментов, доступны наблю-

дения над собственным *движением планет* среди «неподвижных» звезд.

Для небольших труб доступны, для первоначальных наблюдений, Венера, Юпитер, Сатурн и отчасти Марс. Не следует гнаться за большими увеличениями при рассматривании планет. Поставим самое малое увеличение, возможное на инструменте, и постепенно ставя все более и более сильные окуляры, остановимся на том увеличении, которое еще дает уверенную фокусировку и чистые, резкие контуры диска планеты при данных атмосферных условиях.

Венеру лучше всего наблюдать в сумерки, когда она еще не слишком ярка. Уже в трубу 40 *мм* вполне отчетливо виден серп планеты. Особенно интересна фаза планеты вблизи нижнего соединения, когда Венера представляется узким серпом сравнительно больших размеров.

Юпитера можно наблюдать иночью. Уже в полевой бинокль можно различить 4 спутников планеты и заметить, что Юпитер имеет вид очень маленького диска. В небольшую трубу (30—40 *мм*) видна сильная сплюснутость диска, происходящая вследствие быстрого вращения планеты вокруг оси. На диске видны сероватые полосы, вытянутые вдоль экватора. При трубе более 80 *мм* можно заметить пятна в полосах и зонах, как называются светлые промежутки между полосами. Интересное зрелище дают т. н. «явления в системе спутников Юпитера», сведения о которых приводятся ежегодно в переменной части Календаря.

Сатурн является чрезвычайно красивым об'ектом, благодаря своему кольцу, которое видно в трубы, от 40 *мм* (при увеличении более 20 раз). В 4-дм. трубу заметно деление Кассини между внешней и средней частью кольца. Интересно обратить внимание на тень, которую кольцо бросает на диск Сатурна. На самом диске нельзя различить обычно никаких подробностей. Из спутников планеты в малые трубы виден Титан.

Марс доступен для малых труб только отчасти. Диск Марса блестит красновато-желтым светом, на полюсах можно различать белые полярные снега; в центре диска при хороших условиях видны сероватые и зеленоватые пятнышки—моря Марса. Для наблюдений Марса нужна не

только труба не менее 100 *мм*, но и большой опыт в рассматривании планет в инструменты. Начинающий же наблюдатель на Марсе почти ничего не увидит.

В заключение укажем еще на некоторые начальные наблюдения планет. Вблизи эпохи наибольшего блеска можно разыскать Венеру днем невооруженным глазом; точно так же невооруженным глазом можно различить спутников Юпитера при благоприятных атмосферных условиях вблизи противостояния планеты. Эти наблюдения имеют некоторое значение для выяснения остроты зрения наблюдателя и атмосферных условий места, где они были произведены.

Любителям, пожелающим поставить наблюдение планет *с научной целью*, следует принять во внимание некоторые общие замечания и указания.

Необходимо возможно более точно учесть, что именно могут дать инструментальные средства, находящиеся в распоряжении наблюдателя, и в зависимости от этого избрать **тему работы**. Чрезвычайно ценной явится **коллективная организация** наблюдений. При наблюдениях деталей на поверхности планет, важны длительные систематические ряды наблюдений, произведенные параллельно несколькими независимыми наблюдателями на одном и том же инструменте. Такие ряды наблюдений позволят отчасти исключить суб'ективизм наблюдателей и придти к выводам о степени точности подобных наблюдений.

Лицам, впервые приступающим к научным наблюдениям планет, будет весьма полезно выполнить некоторые **предварительные** наблюдения. Для лиц, собирающихся производить наблюдения над яркостью планет или деталей на них, необходима практика в наблюдении переменных звезд. Любители, желающие зарисовывать детали на планетных дисках, должны приучить себя к рассматриванию планет в трубу, а также усвоить элементарные приемы зарисовки с натуры. Полезно научиться путем ровной и выразительной тушевки схватывать нежную гамму оттенков, которую дают детали на планетных дисках. Твердо следует заметить, что не красота рисунка, но его точность и выразительность являются главным достоинством зари-

совки, сделанной с научной целью. Наконец, тем из любителей, которые пожелали бы заняться определением цвета деталей, полезно поупражняться в наблюдениях цвета звезд.

Совершенно необходимо знать не только момент наблюдения планеты по часам любителя, но и поправку последних. В целях удобства обработки наблюдений, необходимо преследовать однородность как самих наблюдений, так и их записи. Зарисовки планет следует производить на листах с заранее заготовленными шаблонными дисками в 50 *мм* диаметром, причем запись ведется след. обр.: *над* рисунком, в левом верхнем углу — порядковый № рисунка; *под* рисунком — 1 строчка — наименование об'екта, 2 — дата, поясное время наблюдения и поправка часов, 3 — инструмент, его отверстие и применявшееся увеличение, 4 — качество изображений по шкале Пикеринга *), 5 — фамилия и адрес наблюдателя и 6 — впечатления, примечания и пр. При зарисовках чрезвычайно важно отмечать направление вертикальной линии или суточной параллели для ориентировки рисунка.

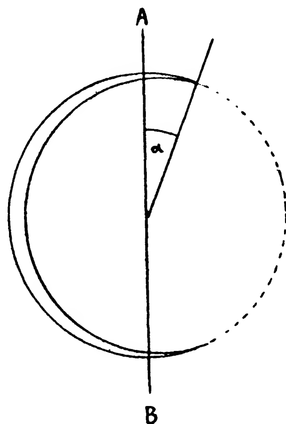
Меркурий. Вследствие своей близости к Солнцу, Меркурий бывает доступен для наблюдения очень редко. В моменты своего наибольшего удаления от Солнца он не отходит от него далее 29° и, не обладая большой яркостью, легко теряется в лучах зари. Кроме того, низкое положение планеты над горизонтом также затрудняет наблюдения. Изучение поверхности Меркурия, вследствие малости его диска, доступно только большим инструментам, начиная с 6 дюймов.

Венера. Интегральная яркость планеты (бинокль). Эпоха наибольшей яркости Венеры не совпадает со временем наибольшего удаления планеты от Солнца. Для выяснения вопроса о времени максимального блеска планеты, общая (интегральная) яркость Венеры сравнивается с яркостью звезд. Слишком сильная яркость планеты ослабляется при помощи трех-четырех кратного бинокля, об'ектив которого обращается к глазам наблюдателя затем яркость Венеры определяется способом Аргелан-

*) См. Инструкцию по наблюдению атмосферного режима.

дера или Пикеринга, путем сравнения с подходящими белыми звездами — последние рассматриваются простым глазом, без помощи бинокля *).

Наблюдения поверхности планеты (труба более 50 *мм*). Для таких наблюдений следует выбирать сумерки, когда Венера не слишком ярка. Еще лучше наблюдать планету днем; имея инструмент с разделенными кругами, отыскать планету не представляет большого труда. Заслуживают внимания наблюдения: 1) неправильностей терминатора, 2) светлых пятен на рогах, 3) темных, очень неясных, пятен на серпе Венеры, обычно видимых вблизи терминатора. Вблизи нижнего соединения Венеры можно наблюдать *удлинение рогов серпа*, происходящее вследствие видимости сумеречной дуги в атмосфере планеты. Для оценки удлинения рогов, мысленно разделим весь диск планеты симметрично и пополам линией AB и попробуем выразить угол α в градусах, считая окружность диска Венеры в 360^0 (рис. 8). Иногда можно заметить весьма эффектное явление *пепельного света* Венеры. В некоторых случаях пепельный свет кажется светлее, чем окружающий фон неба, в других — темнее. Иногда он дополняет серп Венеры до полного диска, а иногда наблюдается лишь вдоль терминатора планеты. Все это необходимо отмечать на рисунках и в описаниях. Важны систематические наблюдения втечение всего утреннего или вечернего периода видимости Венеры. Кроме того, полезно отметить момент наступления фазы=0.5, когда терминатор близок к прямой линии, т. к. теоретиче-



Черт. 8.

---

*) Параллельно необходимо определить *постоянную* бинокля, т.-е. разность в зв. величинах между наблюденной (ослабленной) яркостью светила и его действительной яркостью. Для этой цели можно выбрать к.-н. яркую звезду (напр. Сириус) и произвести над ней такие же наблюдения, как и в случае Венеры.

ский момент фазы 0.5 не совпадает у Венеры с наблюдаемым.

Фотометрирование поверхности (труба не менее 80 *мм*, фотометрический клин). Распределение яркости по диску планеты связано с рассеивающей способностью и свойствами ее атмосферы, и поэтому фотометрирование поверхности имеет значение при изучении атмосферы Венеры.

Необходимо иметь нейтральный фотометрический клин с падением яркости вдоль его длины на 4—6 зв. величин. Можно самому приготовить такой клин и из наблюдений звезд получить кривую поглощения клина *). Для наблюдений поверхностной яркости планеты, клин ставится позади окуляра (рис. 9). Клин, во избежание параллакса, дол-

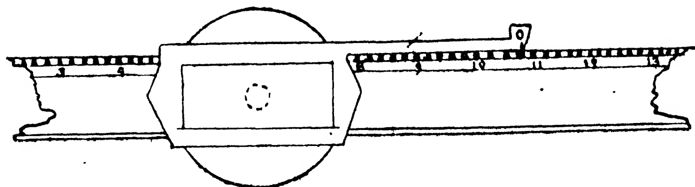


Рис. 9.

жен скользить в устроенных для него салазках возможно ближе к стеклу окуляра.

Труба наводится на Венеру и зарисовывается фаза планеты так, как она видима сквозь наиболее прозрачную часть клина. При этом особое внимание следует обращать на правильную передачу размеров фазы, ибо это составляет основу работы. Если мы будем передвигать клин со стороны более темной части, то участки серпа будут гаситься клином в порядке обратном их яркости. Сперва станут исчезать тонкие рога и область вблизи терминатора, затем более яркие части планеты (рис. 10).



Рис. 10.

Клин передвигается на определенный интервал, выбор которого зависит от задач, поставленных наблюдателем. Затем зарисовываются очертания планеты и производится отсчет клина. Серия таких отсчетов и зарисовок, на которых

*) См. статью М. Е. Набокова, „Мироведение“, № 1 (1923).

будет видно последовательное угасание частей планеты, даст распределение яркости на планетном серпе. Необходимо повторять подобные наблюдения по несколько раз, идя то от светлой части клина к темной, то наоборот. Если желательно получить более тонкую картину распределения яркости, напр. на рогах, то клин передвигается на интервал, соответствующий 0.1 — 0.3 зв. вел.; при более грубых измерениях по всему серпу можно ограничиться последовательным ослаблением яркости планеты на 0.5 зв. вел.

Наблюдения со светофильтрами могут доставить сведения об избирательном поглощении света в атмосфере Венеры, о характере темных пятен на ее поверхности и пр. Наблюдения состоят в том, что или тщательно зарисовывают вид Венеры при наблюдении без фильтров и через фильтры, укрепленные непосредственно перед окуляром, или же, кроме фильтра, прикрепляют к окуляру фотометрический клин и поступают, как указано выше, т.-е. определяют изменение видимых размеров и форм серпа. Необходимо указать, что при наблюдении Венеры (как и всех небесных об'ектов вообще) наблюдения со светофильтрами имеют смысл только тогда, когда фильтры изготовлены тщательно и имеется возможность исследовать их в лаборатории, т.-е. получить кривую распределения яркости в части спектра, пропускаемой фильтром. Наибольшее значение имеют фильтры красный и синий, пропускающие соответственно лучи крайних концов видимого спектра.

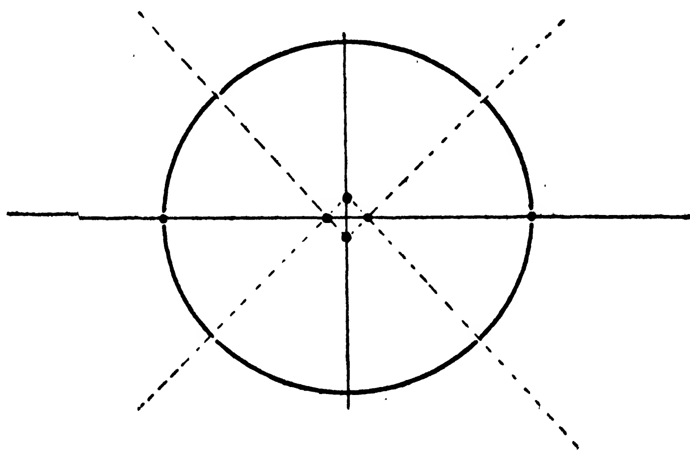
Марс. Наблюдения поверхности Марса являются наиболее интересной и наиболее доступной темой для любителя, интересующегося этой планетой. Для наблюдений вблизи противостояния при достаточной опытности наблюдателя необходима труба не менее 3 дм. Ценные результаты могут быть получены только при помощи труб в 5 дм. и выше. Необходимо указать, что наблюдения и зарисовка Марса труднее, чем наблюдения любой из остальных планет. Эти наблюдения требуют от наблюдателя особой добросовестности в нанесении на рисунок деталей, видимых им в действительности. Очень часто наблюдатель, на основании виденных им рисунков и карт Марса, мысленно дополняет видимую им картину и невольно подгоняет свой рисунок

к какой-нибудь из ареографических карт. В виду этого очень важно не изучать и не запоминать вид деталей, нанесенных на карты, а тем более не вычислять заранее, какая часть поверхности Марса будет видна в момент наблюдения. *Совершенно необходимо отмечать на рисунке направление вертикальной линии или суточной параллели и относительно них ориентировать рисунок.* Это необходимо для того, чтобы впоследствии можно было определить планетные координаты деталей и составить карту. В частности это важно для изучения снеговых полярных шапок Марса, т. к. их центры часто не совпадают с полюсами вращения планеты. При наблюдении темных пятен Марса очень помогает не слишком густой красный или оранжевый светофильтр, укрепляемый перед окуляром. При наблюдении ярких белых пятен, наоборот, помогает зеленый или голубоватый светофильтр. Фильтры заметно увеличивают контрастность деталей и помогают их отчетливее рассмотреть и зарисовать. При наблюдении следует особое внимание обратить на общий цвет поверхности планеты, на размеры и очертания полярных шапок, на резкость краев планеты, на форму терминатора и быстроту падения яркости близ него или на появление близ него каких-нибудь светлых деталей. Окраска деталей на Марсе изменяется в зависимости от времени года. Очень важно, имея достаточно сильный инструмент (лучше всего апохромат или рефлектор), производить систематические оценки окраски деталей на Марсе. Сопоставление таких деталей впоследствии даст более подробные указания на перемены, совершающиеся на поверхности планеты. Иногда на поверхности планеты происходят быстрые изменения, на которые следует обратить внимание.

Юпитер. Для инструментов, обычно находящихся в распоряжении любителей, Юпитер представляет особенно благоприятный об'ект для наблюдений.

Наблюдения поверхности планеты (Труба не менее 80 *мм*). На поверхности Юпитера происходят быстрые и обширные перемены, законы и происхождение которых не совсем еще ясны в настоящее время. Поэтому наблюдения поверхности планеты имеют особое значение и представляют большой интерес для изучения Юпитера.

Юпитер имеет заметную сплюснутость диска, поэтому при зарисовках следует применять шаблонные диски Энзо Мора, которые дают сжатие, близкое к сжатию эллипсоида Юпитера (черт. 11). Такой диск вычерчивается след. обр.: проводим горизонтальную линию длиною в 50 *мм*; она будет изображать экваториальный диаметр планеты. Отмечаем 4 точки, отстоящие на 2.5 *мм* от центра вправо, влево, вверх, вниз и описываем дуги: вверх (из нижней точки) и вниз (из верхней точки) радиусом = 26 *мм*, и



Черт. 11.

вправо и влево радиусом = 22.5 *мм*. Эти дуги почти являются продолжением одна другой. Многие авторы советуют заранее приготовлять на шаблоне и контуры полос. Однако, есть основания думать, что ширина полос меняется вполне заметно в течение небольших промежутков времени. Поэтому, по нашему мнению, целесообразно прикидывать на глаз ширину полос и только после этого заносить их очертания на рисунок. Опыт показывает, что при коллективных наблюдениях глазомерная оценка ширины полос дает вполне удовлетворительные результаты.

Рисунок планеты следует делать в возможно более короткий срок, нанося сперва наиболее интенсивные детали

и затем относя к ним более слабые образования. Зарисовка должна длиться в среднем 10—20 минут; иначе смещение деталей вследствие быстрого вращения Юпитера исказит рисунок. Быстрые или внезапные изменения, возможность появления которых не исключена, необходимо отметить особо тщательно.

Рисунки Юпитера должны следовать по возможности с небольшими промежутками времени; серия таких рисунков, охватывая несколько дней, даст материал для составления карты планеты методом коротких сроков *).

Для оценки интенсивности полос и деталей можно применить двоякий способ. Можно, во-первых, занумеровать полосы и детали в порядке убывания их интенсивности. Во-вторых, можно применить хотя бы 5-балльную шкалу условного характера, где 1 обозначал бы еле видимую полосу, а 5—наиболее темное место на диске планеты, хотя бы тень от спутника Юпитера на полосе планеты.

Интересно оценивать цвета полос и деталей, также подверженные переменам. Особенно благоприятным временем для наблюдения окраски являются сумерки. В рефлектор окраска заметна лучше, чем в рефрактор.

Фотометрирование поверхности (труба не менее 80 *мм*, фотометрический клин). Способ, предложенный проф. В. Г. Фесенковым для осуществления фотометрирования поверхности Юпитера в любительских условиях заключается в следующем. Необходимо иметь часовой механизм у трубы для измерений диаметра планеты, а также фотометрический клин с падением яркости на 5—6 зв. величин. Продвигая клин в сторону более темной части, мы получим уменьшение видимого диаметра планеты, вследствие угасания более слабых краев. Надо расстроить ход часового механизма таким образом, чтобы Юпитер употребил на выхождение из-за края станиоля, поставленного в фокусе окуляра Рамсдена, 40—50 сек. (рис. 12) Считая ход механизма равномерным и определяя продолжительность выхождения диска Юпитера из-за пластинки станиоля, мы можем измерить диаметр планеты при различных положениях фотометрического клина.

*) См. С. В. Муратов. „К набл. Юпитера“, „Мироведение“ № 2, 1923.

Из описанных фотометрических наблюдений могут быть получены значения коэффициента прозрачности атмосферы Юпитера, высота однородной атмосферы и гипотетическая абсолютная температура у поверхности планеты *).

Наблюдения со светофильтрами производятся для тех же целей и аналогичными методами, что и в случае Венеры.



Рис. 12.

Наблюдения спутников Юпитера. Изучение их поверхности доступно только гигантским телескопам. При помощи небольшой трубы можно заняться изучением их яркости и цвета. Известно, что спутники Юпитера меняют свою яркость не так, как этого требует теория. Возможно, что причина заключается в неравномерности распределения темных пятен на их дисках и в их вращении вокруг оси. Наблюдать можно, сравнивая яркость спутников с близкими неподвижными звездами так, как это делается в случае переменных звезд. Однако подходящие звезды сравнения обычно лежат очень далеко и, кроме того, яркий диск самого Юпитера сильно препятствует сравнениям. Гораздо лучше определять яркость спутников при помощи какого-нибудь несложного фотометра, хотя бы клинового, обязательно наблюдая до и после этого исчезновения за клином к.-н. одной и той же звезды 6 вел.

Сатурн. При изучении поверхности Сатурна редко бывает возможно заметить темные пятна на его диске. При наличности трубы в 3—4 дм. можно следить за делением Кассини, в котором иногда замечаются некоторые неправильности. Большой интерес представляет точная зарисовка вида кольца около эпох его исчезновения, когда Земля как раз находится в плоскости кольца. При этом наблюдаются утолщения и разрывы в тонкой светлой ниточке, какой представляется в это время кольцо. Такие наблюдения дают материал для изучения строения кольца. Для

---

*) Подробности см. В. Г. Фесенков. „О природе Юпитера". „Изв. Харьк. Ун-та" 1916.

той же цели важны наблюдения покрытия кольцами Сатурна какой-нибудь звездочки. Нужно каким-нибудь из вышеописанных способов определять изменение ее яркости при постепенном захождении и выхождении ее из-за кольца. Обычно звезда исчезает не совсем, а слегка просвечивает через кольцо. Неоднократно было замечено, что восточная и западная половина кольца, около «ушек», бывает неодинаковой яркости. Полезно оценивать относительную яркость обеих половинок кольца и центра планетного диска при помощи степеней, так же, как это делается при сравнении яркости деталей лунной поверхности. Еще лучше делать это при помощи фотометрического клина, гася поочередно то одно, то другое ушко (см. стр. 313).

Из спутников Сатурна Япет и Титан неправильно меняют свою яркость и их интересно наблюдать тем же способом, как и спутников Юпитера.

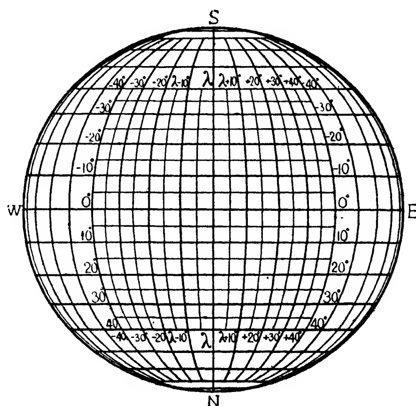
Уран и Нептун с научной целью могут наблюдаться только фотометрически,—слишком они удалены от нас и слишком малы их диски. Наблюдать их нужно, как обыкновенные переменные звезды, но при этом надо иметь в виду, что их яркость меняется в пределах нескольких десятых зв. величины, так что за такие наблюдения могут взяться лица достаточно опытные в наблюдении переменных звезд. Ряды точных фотометрических наблюдений, произведенных над этими планетами, делают сомнительной пользу дальнейших наблюдений их любительскими средствами.

Необходимо помнить, что наблюдения должны быть подвергнуты *обработке*, т. к. иначе работа не может считаться вполне законченной. Зачастую любители забывают эту необходимость и делают наблюдения ради наблюдений. Надо самому научиться обрабатывать их или снестись с одним из обществ, где такие обработки производятся *).

*) Обработку наблюдений планет производят: 1) Одесское О-во Люб. Мироведения (Одесса. Н. П. Санютин), 2) Московское О-во Люб. Астрономии (Москва, Б. А. Воронцов-Вельяминов), 3) Русское О-во Люб. Мироведения (Ленинград, Н. П. Шанин) и 4) Харьковское О-во Друзей и Любителей Астрономии (Харьков, Г. С. Мелихов).

Прилагаемые сетки (см. черт. 13, 14 и оттиски на кальке) позволяют производить измерения на рисунках, сделанных согласно приведенных выше указаний, строить карты поверхности планет, следить за движением деталей и их изменениями.

Сплющенная сетка служит для обработки рисунков Юпитера. Предварительно для каждого рисунка должна быть вычислена λ, т. е. долгота центрального меридиана в момент наблюдения*). Далее, на рисунке отмечаются все пункты, подлежащие измерению, и проводится линия цен-



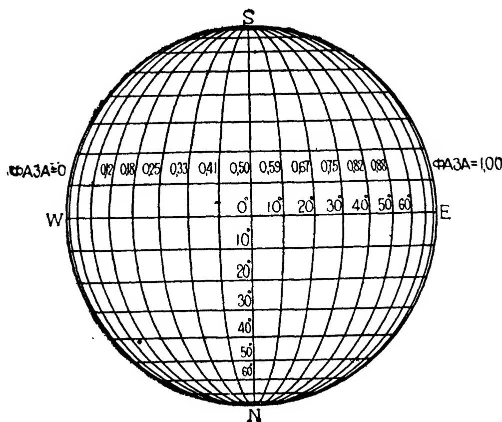
Черт. 13.

трального меридиана. Сетка накладывается так, чтобы ее вертикальный диаметр совпал с центральным меридианом рисунка, и по ней производится отсчет координат отмеченных на рисунке пунктов. Приподнимая сетку наносят эти отсчеты на рисунок около меток. Для деталей, лежащих на рисунке вправо от центрального меридиана (для телескопических изображений) отсчитанная долгота *при-*

---

*) См. перем. часть Р. А. К. на соотв. год. Также „Мироведение" 1923 г. № 2, ст. С. В. Муратова „К наблюдениям Юпитера".

бавляется к долготе центрального меридиана рисунка для деталей, лежащих влево от меридиана, *отнимается* от нее. Сличая несколько рисунков, на которые нанесена данная деталь, и беря среднее значение из всех измерений, переносят изображение на соответствующее место карты поверхности планеты.



Черт. 14.

Круглая сетка может быть применена для обработки рисунков планет, не имеющих заметного для глаза сжатия. Для Меркурия и Венеры цифры верхнего ряда позволяют производить измерения величины фазы или заранее изготовлять шаблоны для зарисовки. Общая нумерация сетки может быть использована для определения положения деталей по долготе и широте. Следует, однако, подчеркнуть, что в случаях значительного наклона оси вращения планеты к наблюдателю или от него, применение сетки станет затруднительным для измерений по долготе и совершенно невозможным для измерений широт. Это обстоятельство может иметь место при наблюдениях Марса и особенно Сатурна.

Точность сеток $= \pm 0.1$ *мм* при диаметре $= 5$ *мм.*

Литература.

Рюдо Л. Как изучать небесные тела. СПБ. 1911.

Гальперсон С. Принципы клиновой фотометрии. Труды Астр. О-ва Петрогр. Ун-та, 1916, т. I.

Муратов С. К наблюдениям Юпитера. «Мироведение». 1923, № 2.

Перепелкин Е. Геометрический способ обработки рисунков планет и составление карты поверхности. Русск. Астр. Кал., вып. XXIX на 1926.

Вильев М. Обработка физических наблюдений планет. Изв. Рус. Астр. Об-ва, вып. XXI, № 7.

Тихов Г. Картографические сетки для обработки наблюдений Марса. «Мироведение» 1924, № 2/47.

Фесенков В. Наблюдения над Юпитером 1909—1910. Изв. Харьк. Обсерв. 1910.

5. Инструкция для наблюдений комет.

Работа любителя астрономии по наблюдению комет может вестись в двух направлениях: Во-первых — изучение внешнего вида и размеров комет, и во-вторых — определение их интегральной яркости.

В огромном большинстве случаев кометы доступны лишь для телескопических наблюдений; только немногие из них становятся видимы невооруженным глазом. Еще реже появляются кометы с ярким, длинным хвостом.

Первой задачей наблюдателя будет определение общего вида кометы. Если она достаточно яркая, то наблюдения ведутся невооруженным глазом, причем отмечается: 1) форма головы кометы, 2) наличие или отсутствие ядра, 3) видимость хвоста и данные для его характеристики: одиночный, двойной, тройной, прямой, изогнутый, струйчатый, диффузно-однообразный, длинный или короткий.

От общих указаний на внешный вид кометы следует перейти к рассматриванию и определению ее деталей. Лучшим средством быстро и об'ективно запечатлеть эти детали будет, конечно, фотографический снимок. Если в распоряжении любителя есть хотя бы минимальная возможность

сфотографировать комету, это необходимо сделать во что бы то ни стало.

Фотографировать небесные об'екты можно лишь при наличии хорошо установленной трубы с правильно идущим часовым механизмом. Для корректирования движения трубы также необходимо иметь микрометрические движения по α и δ. Для фотографирования комет необходимы как можно более светосильные камеры; это особенно важно, когда фотографируется комета с длинным хвостом, т.-е. необходимо большое поле зрения. Само фотографирование производится след. образом. Аппарат прочно прикрепляется к трубе, которая снабжается окуляром с крестом нитей в его фокусе. Испытав часовой механизм и действие ключей микрометрического движения, направляют трубу на комету так, чтобы крест нитей лежал на ее ядре. Затем приводится в действие часовой механизм и начинают гидировать, т.-е. следить в трубу за кометой, которая должна постоянно оставаться на кресте нитей. Т. к. комета движется между звездами, то работать ключами придется во всяком случае, и поэтому секторы, вращающие трубу, должны быть приготовлены так, чтобы их хватило на передвижение трубы в необходимую сторону в течение всей экспозиции, которая может продолжаться и несколько часов. Фотографировать рекомендуется при первой возможности, когда комета достаточно высока над горизонтом и условия освещения благоприятны.

Для фотографирования комет надо брать наиболее чувствительные пластинки. Для пластинок советского производства Аэрофото или *Red Star*, чувствительность которых около 80 по Винну, можно рекомендовать экспозиции, приведенные в таблице, где m — яркость кометы в зв. величинах, S — светосила об'ектива; время экспозиции в минутах.

S \ m	2–4	4–7	слабее 7
$^1/_{35}$	20	40	60
$^1/_5$	40	80	120
$^1/_8$	80	150	—
$^1/_{12}$	150	—	—

Если небо прозрачно, то экспозицию можно значительно удлинить. В случае, если форма кометы быстро меняется, экспозицию следует по возможности сокращать за счет светосилы об'ектива и чувствительности пластинок.

Проявлять следует контрастным проявителем, например метол-гидрохиноном с бромистым калием. Если снимок предназначен и для фотометрических целей, то лучше вести однотипное проявление: 8 мин. в 4% растворе родинала.

Если сфотографировать комету не представляется возможным, то необходимо сделать подробный ее рисунок; во избежание ошибок в размерах и пропорциях головы и хвоста полезно при зарисовке ориентироваться по звездам.

Рисовать кометы очень хорошо на черной матовой бумаге (хотя бы от упаковки фотографических пластинок) белым меловым карандашем. Прекрасные изображения кометы можно получить, пользуясь следующим способом. Берут белую, не очень толстую и равномерно прокатанную бумагу без линеек и водяных знаков. Затем рисуют на ней негативное изображение кометы мягким черным карандашом. С такого «негатива» можно печатать изображение кометы на любую фотографическую бумагу. При достаточном навыке, такой рисунок можно получить с весьма мягкими переходами от света к тени (см. рис. кометы Гэля 1912—«Известия Р. О-ва Любителей Мироведения» № 4 1912.

Кроме общего вида кометы необходимо сделать рисунок ее головы пользуясь для наблюдений хорошим призменным биноклем или трубою с увеличением в 20—50 раз. Большие увеличения придется применять лишь в том случае, если желательно рассмотреть ядро кометы.

Любителю доступны следующие измерения в кометах: а) диаметр головы, б) диаметр ядра, в) длина хоста г) ширина хвоста, д) наклон хвоста к линии комета-Солнце.

Определение размеров головы кометы можно сделать грубо, при помощи оценки ее диаметра в частях расстояния между определенными звездами. Такие оценки придется делать, если комета наблюдалась кратковременно, в прорыв между облаками. При записи таких наблюдений необходимо указывать исходные звезды и давать рисунок— карту их окрестностей.

Гораздо точнее определять диаметр головы кометы след. сопсобом. Комета наблюдается в поле зрения неподвижно установленного бинокля или телескопа. Ядро кометы приводится на центр поля зрения; затем труба закрепляется и наблюдатель, смотря в окуляр, держит около уха кар-

манные часы, считая по ним через удар, т.-е. по $^2/_5$ сек. Когда ядро кометы достигнет края поля зрения, берут счет, начиная его с нуля, и продолжают до тех пор, пока за краем поля зрения не потухнет последний видимый свет размытого очертания кометы. Тогда, очевидно, диаметр головы кометы d получим по формуле: $d=(12a\cos\delta)''$, где a — число сосчитанных двойных ударов часов, а δ — склонение кометы во время наблюдения. Среднее из нескольких таких определений даст нам не только искомую величину с хорошей точностью, но и позволит оценить ошибку полученного результата.

В случае явной несимметричности ядра, диаметр головы придется определять от одного края до другого. Применяя и к этому случаю только что изложенный метод, измерение следует разделить на две части. Сначала ведется счет ударов часов от первого появления из за-края поля зрения края кометы до появления ядра, а вторая половина ведется как и раньше. Чтобы не сделать здесь ошибки, которая произойдет, если комета пойдет через поле зрения нецентрально, следует сначала привести ядро кометы на центр поля зрения, а затем уже уводить ее за край поля зрения. В этом случае, очевидно, необходима параллактическая установка телескопа. Результаты таких измерений вычисляются по формуле: $^1/_2\ d=(6a\cos\delta)''$, а затем складываются.

Имея полную эфемериду кометы, легко из видимых размеров головы найти и действительные ее размеры. На единице расстояния, т.-е. на среднем расстоянии Земли от Солнца—одной минуте дуги соответствует величина 43489 *км*. Отсюда линейные размеры головы кометы в километрах получим по формуле: $\lg D=\lg\Delta+\lg d+\lg 724.7$. Величина $\lg\Delta$ дается в полных эфемеридах комет.

При оценке размеров ядра кометы необходимо иметь в виду следующее. Ядром принято называть яркое уплотнение, обычно наблюдаемое в центре головы. В настоящее время ядро кометы необходимо делить на две существенные части: первая — это газовый сфероид, который обычно и наблюдается, как ядро; вторая часть — это твердое тело или скопление твердых тел, содержащихся внутри этой газовой оболочки и наблюдаемых только при исключитель-

ной близости кометы к Земле, да и то лишь при крайних увеличениях в гигантские инструменты. Из этого ясно, что любителю доступна оценка размеров лишь газовой оболочки ядра. Но и эта оценка трудна, так как угловые размеры такой оболочки обычно измеряются лишь немногими дуговыми секундами. Поэтому надежные измерения можно произвести только при помощи нити, натянутой в фокусе окуляра. Ориентируя такую нить перпендикулярно суточному движению, можно получить условия, при которых станет возможным оценить время, затрачиваемое ядром на прохождение своего диаметра при неподвижно установленном телескопе. Такая нить будет весьма удобна и при оценке диаметра голова кометы. При наблюдении ядра кометы необходимо ставить возможно бо́льшее увеличение.

Длина хвоста определяется при помощи нанесения его на звездную карту. Видимые размеры хвоста сильно зависят от густоты фона неба. Поэтому в лунные ночи кометные хвосты сильно сокращаются и во всем своем великолепии видны лишь в безлунные и прозрачные ночи. При помощи бокового зрения хвост виден значительно дальше, чем при прямом зрении; этим свойством глаза следует всегда пользоваться при оценках длины хвоста. Истинную длину хвоста определить уже не так просто, как это было в случае диаметра головы. Хвосты комет часто бывают изогнуты, что в связи с переспективным их изображением создает довольно сложную геометрическую задачу.

Видимую ширину хвоста всего проще можно определить по рисунку, из соотношения ее с длиной хвоста, выведенной уже ранее.

Чрезвычайно важно наблюдать покрытия кометой звезд. Обычно, когда звезда находится за кометой, ее видимая яркость не ослабляется заметно. Только во время центральных покрытий, т.-е. покрытий ядром кометы, замечалось ослабление, а по некоторым наблюдениям и полное исчезновение звезд. Наблюдения такого рода единичны и еще далеко не проверены. Поэтому всякий любитель, интересующийся кометами и обладающий свободным временем, должен посвятить часть этого времени на наблюдения покрытий звезд кометами. Эфемерид, предсказывающих эти

явления, не существует и потому их приходится ловить, внимательно наблюдая за движением кометы по нескольку часов каждую ночь. Уже за $^1/_2$ часа до покрытия можно по движению кометы учесть его обстоятельства довольно точно. Экстраполируя это движение на звездной карте, можно составить себе рабочую «эфемериду» на целую ночь, чтобы приготовиться к всем покрытиям, которые в течении ее ожидаются. Для таких наблюдений необходимо пользоваться максимально доступным увеличением. Их можно производить даже при полной Луне.

Наблюдения над яркостью комет особенно следует рекомендовать любителям. Эти наблюдения могут принести ряд данных для суждения о физическом состоянии комет. Они особенно важны еще и потому, что почти никем не производятся. Лучшим способом наблюдения интегральной (общей) яркости комет является следующий.

Комету наблюдают в бинокль или астрономическую трубу. Окуляр сильно выдвигают так, чтобы звезды расплылись в равномерно освещенные экстрафокальные диски, диаметр которых равен видимому диаметру кометы. В поле зрения находят несколько звезд, подходящих по яркости к комете и сравнивают экстрафокальные изображения звезд и кометы по одному из способов, служащих для определения яркости переменных звезд (см. инструкцию для набл. переменных звезд). В оптическом отношении более правильно сравнивать экстрафокальные изображения звезд с фокальным изображением кометы, но такие наблюдения сильно теряют в точности, благодаря необходимости постоянной перефокусировки трубы. Сравнения, производимые между двумя изображениями, из которых первое наблюдатель видит до, а второе после фокусировки, производятся на память, которая, как известно из специальных опытов, отчетливо сохраняет не заученное впечатление лишь первые 9 (в среднем из многих определений для различных лиц) секунд, а это заставляет очень торопиться при подобных наблюдениях, что уже само по себе является нежелательным фактором при работе. Только при большой налаженности работы и привычке к инструменту можно рекомендовать определения яркости комет по второму способу. Во всяком случае необходимо, чтобы экстрафо-

кальные изображения звезд были всегда одного и того же диаметра.

При наблюдениях телескопических комет не всегда удается найти звезды сравнения, для которых имелись бы хорошие звездные величины. Поэтому при каждом определении яркости кометы необходимо составить карту звезд, окружавших комету в момент наблюдения, обозначив на ней все звезды, служившие для сравнения. Лишь в таком случае наблюдения, приобретут полную научную ценность, так как позволяет впоследствии определить яркости звезд сравнения и вычислить наблюденную яркость кометы уже со всей доступной подобным определениям точностью.

Для сравнения полученых яркостей кометы необходимо привести их к некоторому определенному расстоянию. За такое расстояние, обычно, берется расстояние Земли от Солнца. Так как яркость всякого источника света убывает прямо пропорционально квадрату расстояния, то для приведения к единице получим следующую простую формулу: $= JJ_0 : \Delta^2$, где J — приведенная яркость кометы, J_0 — наблюденная ее яркость, а Δ — расстояние кометы от Земли в момент наблюдения, выраженное в астр. единицах.

Расположив такие приведенные яркости по расстояниям кометы от Солнца (r) можем вывести закон изменения яркости кометы, найти зависимость J от r.

У комет этот закон очень сложен и неодинаков для различных светил этого рода. Выяснение этого закона является чрезвычайно важной астрономической задачей. Поэтому к ее выполнению мы зовем любителя особенно горячо.

В заключение еще несколько слов о работе, которая требует огромного терпения и настойчивости, но которая при успехе может принести любителю особенно сильное удовлетворение. Работа эта — поиски новых комет. Немного найдется любителей астрономии, которые не мечтали бы открыть комету. Поэтому ниже приводятся несколько советов, которые могут принести пользу при подобной работе.

Для поисков комет необходим достаточно светосильный инструмент, при чем следует употреблять небольшие увеличения, чтобы иметь большое поле зрения. Существуют

для этой цели специальные короткофокусные инструменты-кометоискатели. Весьма удобны также бинокли с увеличением в 8—12 раз с большими светосильными об'ективами (например „Соллюкс“ Буша, „Ноктар“ Цейсса и др.). Наблюдения производятся по преимуществу в безлунные ночи. Только при большой прозрачности воздуха кометы видны достаточно хорошо и при Луне. Случай с кометой 1924*c*, которая была открыта Финслером уже во время первой четверти Луны, заставляет быть настороже и не только в безлунный период).

Наблюдения следует начинать при последних отблесках догорающих сумерек вечером, а утром прекращать их лишь на рассвете. Большинство комет открыто именно в эти околосумеречные часы в участках неба, недалеких от Солнца. Поэтому поискам комет следует отводить часы близкие к заходу и восходу Солнца. Этим, однако не определяется вся работа наблюдателя, отдавшего свое время поискам комет. Эти светила могут появиться в любой точке неба и потому необходимо, если позволяет время, осматривать весь небесный свод хотя бы при помощи бинокля. Начинать нужно с осмотра неба невооруженным глазом. Затем уже применяется бинокль или астрономическая труба. Удобно, для планомерности работы, разбить небо на участки и осматривать их последовательно. При вечерних наблюдениях сначала следует осмотреть самые близкие к Солнцу участки неба а потом уже переходить к более далеким. Утром порядок наблюдений становится обратным. При поисках комет необходим звездный атлас, с нанесенными на него туманностями и звездными скоплениями. Такому требованию отчасти удовлетворяет атлас Мессера, но лучшим является атлас, недавно изданный в Германии Бейером и Граффом.

Когда найдено подозрительное туманное пятно, необходимо тотчас же справиться в атласе. Если там наблюденного об'екта не окажется, то подозрительную туманность следует внимательно зарисовать вместе с окружающими ее звездами и через час снова повторить наблюдения. Если туманное пятно не сместилось заметно, следует произвести наблюдение в след. ночь; если же пятно сместилось, то надо немедленно определить по звездной карте его поло-

жение и подсчитать скорость и направление движения. В этом случае перед нами несомненная комета, и об открытии следует тотчас же, как указанные данные получены, отправить телеграмму либо в Пулковскую обсерваторию, либо в Общество Любителей Мироведения (Ленинград, ул. Союза Печатников, 25а, кв. 45). В телеграмме следует собщить: фамилию наблюдателя, место наблюдения, час и минуту наблюдения, прямое восхождение и склонение кометы, их суточное изменение и яркость кометы. Случаи открытия комет призматическими биноклями постепенно учащаются.

Все произведенные наблюдения над кометами следует направлять по указанному выше адресу (О-во Любителей Мироведения), где они будут соответствующим образом обработаны и опубликованы. Общество может оказать также помощь наблюдателям комет присылкой необходимых книг, звездных карт и раз'яснений по интересующим их вопросам.

6. Инструкция для наблюдений отдельных метеоров, болидов и метеоритов.

Введение. Многолетний опыт сбора Отделом Метеоритов Р. О. Л. М. и Метеоритным Отделом Минералогического музея Всесоюзной Академии Наук в Ленинграде любительских наблюдений болидов показал, что для целей практической работы и внесения однообразия и в присылаемые сообщения, помимо фиксирования общих понятий, необходимо установить хотя бы условную терминологию и классификацию об'ектов этих наблюдений. С этой целью здесь принято следующее *условное* деление интересующих нас явлений.

Метеор. Это название сохранено за «падающей звездой», менее яркой, чем Венера в эпоху наибольшего блеска — грубо: минус 4 звездных величины. Метеоритный Отдел ведет регистрацию лишь отдельных, замечатедьных той или иной особенностью, метеоров. Систематическим же изучением метеорных потоков занимается Б. Н. Н. Р. О. Л. М., где и сосредоточена их обработка.

Болид. Это — тот же метеор, но уже имеющий видимый диск; размеры этого диска могут иногда превосходить видимые размеры Луны. Следовательно, обывательское назва-

ние болида — «огненный шар» — вполне соответствует значению этого слова. Яркость болида может быть равна или превосходить яркость Венеры в эпоху ее наибольшего блеска. Болид, как и метеор, может иметь прямолинейный или криволинейный путь, может иметь движущийся за ним *хвост*, *дробиться* на части, рассыпать *искры* и оставлять за собою *след*.

Метеорит. Это название, независимо от размера об'екта, присвоено каменной или железной массе, уже упавшей «с неба» на Землю. На видимом небесном своде метеорит появляется в виде болида, со всеми характерными особенностями последнего, и всегда сопровождается световыми и звуковыми явлениями. Однако и те и другие, в некоторых районах окрестностей падения могут, в силу ряда физических причин, частично или полностью не наблюдаться. Для выпадающего метеорита характерно: образование обычно серого (до черного) облачка в т. наз. «точке задержки», отдельные (до, после или в сплошном гуле) резкие громовые удары (или один удар) и вихревые явления головной конической воздушной волны (обыкновенно — в некотором отдалении от пункта падения). Во время своего падения на Землю метеорит может разделиться в воздухе на части. Отдельных громовых ударов может быть слышно тоже несколько. Для выпавшего метеорита характерна матовая или блестящая, черная или почти черная поверхность, большею частью покрытая типичными для него углублениями (ямками).

Весьма желательной является постановка наблюдений над падающими звездами и над болидами в утренние часы, когда обычно уже спят те, кто поздно ложится и еще не поднялись те, кто рано встает. Продолжительность этого *сонного* промежутка различна в различных пунктах земного шара в зависимости от местных условий. Это пожелание вызвано тем обстоятельством, что нам известно бо́льшее количество метеоритов, выпавших во вторую половину дня, чем в часы раннего утра. По некоторым теоретическим соображениям, это действительно так и есть, т.-е. мы можем допустить, что большее количество *метеоритов* достигает поверхности Земли вечером, а не утром. Но нет никаких оснований предполагать, чтобы

количество *болидов* вечером было большим, чем утром. Весьма вероятно, что здесь имеет место просто лишь недостаток наблюдений. Его легче всего устранить организацией систематических наблюдений падающих звезд в ранние часы утра, примерно в промежуток времени между полуночью и 8—9 часами утра зимой и соответственно меньше летом, в зависимости от момента восхода солнца.

Желательно, чтобы наблюдатели в своих сообщениях*) присылали ответы на следующие вопросы.

I. Болиды без звуков (и отдельные метеоры). 1. Год, месяц и число по новому стилю.

2. Час и минуты с точным указанием, по какому времени ведется счет, т.-е. по местному среднему или поясному.

3. Какими часами пользовался наблюдатель, степень их точности и степень точности отсчета различных моментов явления.

4. а) *координаты* (α и δ) для начальной и конечной точек пути болида (следует указать, каким атласом пользовался наблюдатель), или:

б) положение пути болида между звездами (путь наносится на звездную карту, а если ее нет, то, тотчас же после наблюдения, делается рисунок данной части неба и на него наносится путь болида), или:

в) высота над горизонтом и азимут (или румб) в градусах для начальной и конечной точек пути болида, угол его пути с горизонтом, длина пути в градусах, или в диаметрах Луны, или же по расстоянию между знакомыми звездами**);

*) Если корреспондент сообщает наблюдения других лиц, то необходимо, чтобы эти наблюдения были записаны отдельно и по возможности точно, хотя бы между собой эти наблюдения и различались или даже противоречили друг другу.

**) Часто наблюдатель определяет положение точки на небе линейными мерами (метрами, аршинами и т. п.). Это — ошибка. В самом деле, как нужно держать, напр. метр, чтобы отмерить им какое-нибудь расстояние на небесном своде: ведь если мы представим себе этот метр на расстоянии, скажем, 10 шагов от себя, то он займет на видном небе незначительную часть пространства; если же мы возьмем его за конец в вытянутую руку, да еще наклоним другой конец на себя, то наш метр покроет всю видимую нами часть неба за зенит включительно. Подобного рода измерение не может дать никакого представления об *угловых* расстояниях на небесном своде.

г) если же наблюдатель не может дать ответа на первые три пункта, то пусть укажет хотя бы страну света, где был виден болид, и направление его пути.

5. *Продолжительность* полета в секундах и долях секунды.

6. *Размеры* диска (ядра, головы) болида в минутах или частях лунного диаметра*). (Средняя величина диаметра Солнца равняется 32 минутам, а Луны — 31,5 минуты).

7. *Цвет* болида.

8. *Яркость* (сила света) болида в звездных величинах или по сравнению с планетами, Луной, Солнцем.

9. *Форма* болида. Изменения, происходящие с ним во время его полета. Желательно дать координаты или отметить положение вспышки в средине пути или момента и точки наибольшей яркости болида. Хвост. Дробление (деление на части) болида и характер этого дробления.

10. *Искры*: их количество и цвет.

11. *След*: его длина, ширина, форма, продолжительность видимости, цвет, изменения и т. п.

12. Условия наблюдения: освещение (Луна, ее фаза, высота ее над горизонтом, заря и пр.); облачностьи характер облаков; температура, влажность, ветер; прозрачность воздуха и степень его спокойствия; состояние наблюдателя (усталое, бодрое и т. д.).

13. Желателен рисунок болида: его пути, ориентированного по звездной карте, или по звездам на глаз, или по горизонту и странам света. Фотографический снимок имеет *исключительное* значение.

14. Место наблюдения (точно и подробно). Хорошо дать географическую широту (φ) и долготу (λ) от Пулкова или Гринича.

15. Имя, отчество, фамилия, возраст и точный адрес наблюдателя.

---

*) С чем только ни сравнивают величину болида, — и с репой, и с котенком, и с головой, и с апельсином, и с арбузом. А между тем, когда мы видим арбуз, проезжая в 40 метрах от него, он нам кажется величиною с яблоко и даже меньше; когда же мы подносим его близко к глазу, то он закрывает собою все небо. Очевидно, что такие сравнения не годятся для определения величины наблюдаемых нами небесных тел.

16. Если наблюдатель имеет в своем распоряжении барограф (барометр, автоматически записывающий давление воздуха), то следует обратить внимание на то, какие отметки сделаны на ленте в момент достижения до барографа звуковой волны. Вообще, лицам ведущим наблюдения по барографу, в тех случаях, когда последний делает отметки, которых нельзя об'яснить состоянием погоды и местной обстановкой, следует сообщать об этом Метеоритному Отделу, прилагая точную копию с этого участка черты на ленте.

2. Болиды со звуковыми явлениями. 1. Когда наблюдалось явление? (Год, месяц, число по новому стилю, минуты и секунды с отметкой, по какому времени ведется счет: местному среднему, поясному или иному). Следует указать, какими часами пользовался наблюдатель, а также степень их точности.

2. Где наблюдалось явление? Губерния, уезд, волость, село, деревня, хутор, а также — в избе или на дворе был очевидец. Если он был вне деревни или жилья, то — где именно: на пашне, в лесу, на реке и т. п. Следует также указать для этого места направление и расстояние от ближайшего крупного населенного пункта. Хорошо дать план или выкопировку с карты с точным обозначением положения наблюдателя.

3. Какая была погода? Указать % облаков по 10-балльной шкале, направление и силу ветра, температуру по Цельсию. Если в данном пункте или окрестностях имеется метеорологическая станция, то следует взять точную выписку из наблюдений и примечаний за этот день.

4. Что наблюдалось: звуки или огненное тело (*болид*), или же и то и другое одновременно?

5. С какой стороны неслись звуки? (указать или страны света, или направление на какую-нибудь деревню, село, завод, город).

6. На какие земные звуковые явления были похожи эти звуки? (на шум ветра, бурю, свист стаи птиц, грохот телег по мосту, громыхание катящихся бочек, артиллерийскую стрельбу, громовые раскаты и т. д.).

7. Были ли звуки сплошными, или же они раздавались с перерывами? (отметить, как велики были перерывы).

8. Были ли слышны среди сплошного гула (свиста, шума, грохота) *отдельные* удары («выстрелы из орудий», «взрывы»), или же слышался один только сплошной грохот (гул, шум, свист и т. д.)?

9. Если были слышны и непрерывный гул (свист, шум, грохот) и отдельные удары, то укажите, когда были слышны отдельные удары (до сплошного гула, или после него, или же среди этого гула)?

10. Сколько было слышно отдельных ударов и через какой промежуток времени следовали они друг за другом?

11. Сколько времени был слышен гул (шум, свист, грохот) до и после отдельных ударов?

12. Сколько времени были слышны все звуки вместе взятые?

13. Сколько времени прошло от момента исчезновения болида до момента громовых ударов*).

14. Были ли слышны особые звуки падения тела на землю («клевки»)? Если да, то сколько и когда именно: до или после упомянутых выше звуков или же среди них?

15. Были ли слышны звуки в домах? (укажите, у кого именно, а также — его имя, отчество, фамилию и подробный адрес).

16. Назовите места вашей волости (района, уезда, округа, губернии), где были слышны звуки, а также — адреса тех, кто их слышал.

17. Если наблюдалось огненное тело (*болид*), то укажите, откуда (юг, север, и т. д.; если возможно, то дайте азимут и высоту над горизонтом, а также — рисунок) оно появилось, под каким углом к горизонту и в каком направлении летело и в каком месте скрылось. Направление можно отметить по странам света, ночью по звездам, сейчас же зарисовав их положение и путь болида; конечная точка отмечается так же, как и начальная: по азимуту и высоте над горизонтом в частях дуги небосклона или градусах, а также — по звездам (см. I, п. 4).

---

*) В минуту звук проходит, считая грубо, 20 *км.* Поэтому, зная это время, можно судить о расстоянии до конечного пункта полета болида.

18. Болид летит иногда долгие секунды и даже минуты. Если иметь всегда готовый фотографический аппарат, то возможно успеть снять болид (выдержки не нужно).

19. Наблюдалось ли огненное тело (*болид*), или же несколько огненных тел одновременно?

20. Если болид был *один,* то сколько времени он летел?

21. Каких *размеров* он был по сравнению с полной Луной на той же высоте?

22. Но изменил ли болид своего прямолинейного *направления?* Если да, то какого характера были эти уклонения от прямой линии (дуга, ломаная линия, волнистая линия, зигзаг и т. п.)? Дайте рисунок.

23. Какую *форму* имел болид (шарообразную, грушевидную и т. д.)? Дайте рисунок.

24. Как сильно *светил* болид? Наблюдались или нет тени от предметов? С чем можно сравнить силу света (яркость) болида: с Солнцем, Луной (полной или в той или иной степени ущерба), Венерой и пр.?

25. Какого *цвета* был болид в начале, средине и конце полета?

26. Имел ли болид *хвост,* каких размеров (в частях поперечника лунного диска) он был, какую имел форму, цвет, как изменялся во время полета?

27. Сыпал ли болид *искры,* когда именно, как много, какого цвета и формы?

28. Не оставлял ли болид после себя *следа* (полосы)? Какое направление и какие размеры, форму и цвет имел след? Как долго он держался на небе и как постепенно изменялся? Дайте ряд рисунков или фотографий постепенного изменения следа. Проследите все изменения следа по возможности до полного его исчезновения.

29. След держится иногда не только минутами, но десятками минут и даже часами. В таком случае его легко сфотографировать, желательно, через равные промежутки времени.

30. В том месте, где оканчивался след или исчез болид, т. е. в так называемой «точке задержки» не наблюдалось ли какого-нибудь *облачка?* Какие оно имело размеры, форму и цвет? Как долго было видно и как изменялось? Проследите его по возможности до полного исчезновения;

пользуйтесь при наблюдении также и биноклем. Обратите внимание, не подмечается ли признаков воздействия на него ветра. Зарисуйте его форму в последовательные моменты его образования и рассеяния и постарайтесь точно определить положение (азимут и высоту над горизонтом) центра облачка и других приметных точек его.

31. Если через несколько часов след от болида на некоторых участках станет как бы «стягиваться» в облачка, то следует точно отметить, в какой именно части следа имело место это явление. Следует точно описать характер остатков следа по ту или другую сторону от такого облачка, а также — характерные особенности этого облачка в различные последовательные моменты его образования, а именно, его цвет, его общую форму, форму нижнего края и образующихся придатков, как нижнего, так и верхнего края; следует также отметить моменты образования и характер рубчатости облачка (слоистости, волнистости). Кроме того, необходимо указать расстояние и вообще взаимоотношение этого «серебристого» (условное название) облачка к тому темному облачку, которое могло образоваться в «точке задержки», т. е. в конце следа. Весьма важно определение в различные моменты высот над горизонтом и направлений по горизонту (азимут) центров или приметных пунктов каждого из этих облачков.

32 Если день был облачный, то не произошло ли изменений в форме и *расположении земных облаков* на пути болида по небу? Опишите всю картину этих изменений, дайте рисунки или фотографические снимки.

33. Если было видно *несколько* болидов сразу, то укажите, в как порядке следовали они друг по отношению к другу. Подробно опишите их величину, время появления и исчезновения, расстояния между ними, форму, цвет и проч., как это было указано выше для одного болида.

34. Не наблюдалось ли еще каких-либо световых явлений (вспышки, пламени, сияния и пр.)? Опишите, где и когда именно, какого вида и цвета все это было и как долго наблюдалось.

35. Не наблюдалось ли во время полета болида содрогания почвы или колебания различных предметов (домов, дверей в домах, качания ламп, дребезжания стекол)?

36. Не было ли замечено во время или после полета болида колебаний воздуха, порывов ветра, вихрей? Не было ли случаев обрушивания ветром труб, срывания крыш, поломки ветвей и повалки деревьев, людей, животных? Точно укажите место этих происшествий, свидетелей и их адреса.

37. Какое впечатление произвел полет болида с его световыми и звуковыми явлениями на наблюдателя? Что ему показалось в самом начале, что он подумал потом, и что делал под свежим впечатлением?

38. Не заметил ли наблюдатель чего-нибудь особенного в поведении окружающих людей, животных и птиц?

39. Что говорили об этом явлении соседи, знакомые, и как об'ясняли его?

40. Кто еще в вашей волости (городе, уезде, губернии) был свидетелем этого явления? Укажите точно место его наблюдения и подробный адрес.

41. Если болид наблюдался зимой, то не было ли замечено после него, в тот же или на следующие дни выпадения на снегу, на обширном пространстве темной, бурой или черной «сажи»? Опишите это явление. Измерьте глубину снега.

42. В утвердительном случае тщательно соберите эту пыль вместе со снегом в чистый пузырек. Когда снег растает, то закупорьте пузырек чистой пробкой и если возможно, то обмажьте пробку сургучем. Затем заверните пузырек в бумагу и укупорьте в небольшой ящичек, переложив стружками, мхом, травой и т. п., и вышлите Метеоритному Отделу.

3. Метеориты. 1. Не было ли замечено наблюдателем после полета болида падения на землю «камня» (*метеорита*) или «камней» (*метеоритов*)?

2. Не было ли замечено при этом мелькания в воздухе темного предмета (на подобие черной птицы), а также—не подмечено ли направления его полета?

3. Был ли слышен звук падения камня на землю («клевок»)?

4. Не сопровождался ли полет камня каким-либо звуком (жужжанием, свистом)?

5. Чем обратило на себя внимание наблюдателя падение камня (метеорита) на землю?

6. Как глубоко вошел метеорит в землю и под каким углом?

7. Какую форму и какие размеры имела яма на месте падения? Дайте рисунок ямы.

8. Был ли виден метеорит в яме? не выдавался ли он из нее наружу?

9. Были ли края ямы опалены или закопчены, а окружающие или прилегающие горючие предметы—обуглены? Не сохранилось ли у кого-нибудь образчика оплавленной породы или обугленного таким образом предмета?

10. Не была ли разбросана земля вокруг ямы, как далеко и в каком направлении? Дайте план или рисунок.

11. Если явление происходило зимой, то не было ли обнаружено на земле, снегу или льду вокруг ямы бурого налета пыли?

12. Как скоро после падения наблюдатель подошел к метеориту и что делал с ним? Какую температуру имел метеорит? Можно ли было удержать на нем руку? (Необходимо точно указать, пробовал ли его наблюдатель рукой *лично*). Не подмечено ли у метеорита какого-либо запаха?

13. Какой наружный вид и форму имел метеорит? Опишите его размеры, поверхность, форму и цвет; дайте рисунок или фотографию. Каков был его вес*)?

14. Какова дальнейшая судьба метеорита: кто извлек его из земли и куда его направили?

15. Если метеорит был разбит, то у кого из известных наблюдателю лиц имеются его осколки? Точно укажите имя, отчество, фамилию и подробный адрес.

16. Производились ли вокруг места падения тщательные поиски осколков этого метеорита или других метеоритов**).

17. Если метеоритов найдено несколько, то необходимо определить площадь их падения, точно отметив взаимное положение их ям.

18. Не наблюдалось ли после полета болида или после выпадения метеорита в этот же или последующие дни, во

---

*) Размеры метеоритов могут быть самыми разнообразными: от горошины до глыб во много куб. футов.

**) Метеориты могут разлетаться при падении не только на версты, но и на десятки верст друг от друга.

время утренней или вечерней зари, появления в области сумеречного сегмента*) неба «серебристых» или «светящихся» облаков? Фотографирование их имеет особенное значение.

19. Если после полета болида, падения метеорита или появления серебристых облаков в тот же или на следующий день выпали осадки (град, дождь, снег), то весьма желательна присылка их Метеоритному Отделу для анализа. Град и снег желательно собирать, без особого загрязнения, напр. — на чистую простыню, скатерть и т. п., а затем перекладывать в склянку. Не следует смущаться тем обстоятельством, что при этом немного грязи всетаки попадает в склянку; эта грязь делу не повредит.

20. Если в том направлении, в котором наблюдаются серебристые облака имеются метеорологические станции или любители-мироведы (краеведы), соединенные телефоном или телеграфом, то им следует дать знать о наличии вблизи них серебристых облаков и просить их о сборе осадков, если таковые выпадут в ближайшее время, в их районе.

21. После больших вулканических извержений и сильных северных сияний отмечались изменения в окраске Луны. Имеется некоторое основание предполагать, что после крупных звездных дождей или полетов болидов и выпадений метеоритов, на-ряду с развитием серебристых облаков, возможны изменения в окраске Луны. Чрезвычайно желательно поэтому проследить, не изменялась ли окраска Луны после падения как в этот, так и в последующие дни.

22. Метеориты при своем падении, как общее правило, неглубоко вонзаются в землю. Поэтому землепашцам необходимо обращать внимание на камни, которые они выпахивают, особенно — в таких местностях Союза, где отсутствуют валуны и выходы коренных горных пород («скал»), а именно, во всей Украине, степной полосе РСФСР, Казакстане и проч. Конечно и здесь могут встретиться камни земного происхождения, и распознать метеорит на

*) Сумеречным сегментом наз. тот участок неба, который, после захода или перед восходом солнца, освещен зарей. Облака земного происхождения в сумеречном сегменте всегда будут темными.

месте его находки не всегда возможно и не всякий сможет сделать это. Поэтому найденный при запашке камень, принимаемый за метеорит, в особенности серый внутри (иногда с металлическими блестками) с черной корой снаружи, а также железный или полужелезный, необходимо немедленно передать в ближайшее Общество изучения местного края или в музей, или Общество любителей мироведения, или же отправить его по почте в Метеоритный Отдел Академии Наук. Одновременно с посылкой необходимо отправить в Академию Наук письмо, с подробным описанием обстоятельств и времени находки и своего имени, отчества, фамилии и адреса.

21. Имя отчество, фамилия и точный адрес наблюдателя; если он неграмотен, то то же самое для лиц, записывающих с его слов.

Заключение. Необходимо еще раз указать на желательность зарисовки всего, что возможно из упоминавшегося в этой инструкции, а если представится случай, то и фотографирования. Желательно, чтобы рисунки присылались наблюдателями на *отдельном* куске бумаги, а не между строками письма.

Затруднительность с ответом на некоторые из помещенных здесь вопросов и невозможность, быть может, дать требуемые сведения точно, не должны удерживать наблюдателя от сообщения того, хотя бы и немногого, что он знает и может сообщить*), лишь бы его рассказ был правдив, так как лишь в этом случае он будет иметь значение для науки. Необходимо также отметить и то обстоятельство, что интересы науки требуют, чтобы каждый культурный человек принимал все зависящие от него меры к тому, чтобы метеорит не был поврежден и возможно быстрее и в полной сохранности был бы передан специалистам-ученым для исследования.

В случае установления (заведомо) падения или обнаружения метеорита следует *немедленно телеграфировать* по адресу:

---

*) Если вы почему-либо не сможете исполнить и этой просьбы, то передайте ее такому лицу, которое может ее выполнить или же вообще интересуется этими явлениями.

Ленинград, Академия Наук, Метеоритный Отдел, и одновременно сообщить подробности письмом, адресуя его так: Ленинград, В. О., Университетская Набережная, 5, Минералогическому Музею Академии Наук (Метеоритный Отдел).

Примечание. Бесплатная пересылка писем и посылок до 16 *кг* весом с научными материалами в адрес учреждений Академии Наук СССР производится на основании пост. СНК от 26 — XII — 1922 и цирк. Экспл.-Технич. Управл. НКП и Т от 20 — II — 1923 за № 32212. Так. обр. все письма и посылки, направляемые по вышеприведенному адресу, если не делать больше никаких приписок, идут *бесплатно*. Стоимость телеграммы возвращается тотчас же по получении от наблюдателя письма с его адресом.

7. Инструкция для наблюдений падающих звезд.

Наблюдения падающих звезд (метеоров) сильно отличаются от всех остальных астрономических наблюдений: производятся они большей частью невооруженным глазом, наблюдатель не знает заранее, в котором участке неба загорится метеор, само явление продолжается обычно только десятые доли секунды. Все эти причины сильно уменьшают точность наблюдений падающих звезд, но вместе с тем делают их доступными для астрономов любителей. Наблюдения эти не требуют никаких инструментов или специальных знаний, а между тем они могут иметь большое научное значение, если сделаны аккуратно и обдуманно. Все дело в этом случае в *настойчивости* и *внимательности* наблюдателя. При наблюдениях метеоров специалисты поставлены в такие же условия, и потому именно в этой отрасли астрономии любитель может сделать при желании очень много ценного для науки.

Цель наблюдений. Главная задача при наблюдениях падающих звезд—это возможное точное определение радиантов, как новых, так и известных ранее метеорных потоков. Несмотря на то, что в настоящее время имеется несколько тысяч наблюденных радиантов, эта задача продолжает оставаться основной, так как только зная точное положение радианта можно определить элементы орбиты метеорного потока, установить его связь с какой-

либо кометой и т. п. Точно также важно выяснить, какие из ранее наблюдавшихся радиантов действуют в настоящее время, каково их распределение по неб. сфере и т. п. Для решения всех этих вопросов необходимы по возможности наблюдения за все дни года, что конечно нельзя выполнить одному наблюдателю. Этим еще больше подчеркивается важность для метеорной астрономии любительских наблюдений, в особенности участия больших коллективов. Примерами таких организаций могут служить Американское Метеорное Общество, Метеорная Секция Британской Астрономической Ассоциации и Отдел Падающих звезд Р. О. Л. М., являющийся центральным местом сбора наблюдений над падающими звездами в СССР и за последние годы занявший первое в мире место по числу собираемых наблюдений.

Следующей по важности задачей, доступной для наблюдателя, является детальное изучение больших метеорных потоков, как с точки зрения их структуры, так и физических особенностей. Дело в том, что у больших потоков обычно наблюдается кроме главного еще несколько добавочных центров радиации, часто удаленных на много градусов один от другого. Отчасти это об'ясняется ошибками наблюдений, но во многих случаях причина лежит в реальном явлении. Изучая эти отдельные центры радиации, мы глубже подходим к решению вопроса об условиях образования метеорного потока. Не меньший интерес представляет определение момента максимума потока, изучение распределения метеоров по яркости, цвету и т. п. Последние вопросы могут решаться простым счетом метеоров, без нанесения метеоров на карты.

Точно также важно определение истинного пути метеора в земной атмосфере, определение высоты возгорания и потухания метеоров, скорости их движения и т. п. Задача эта несколько сложна, т. к. не может быть, вообще говоря, решена наблюдениями, произведенными в одном пункте, а требует по меньшей мере двух наблюдателей, удаленных один от другого на 40—60 *км*. Тем интереснее поэтому поставить эти наблюдения там, где условия это позволяют. Эти наблюдения могут не только способствовать решению вопроса о происхождении метеоров, но пред-

ставляют большой интерес и при решении вопроса о строении верхних слоев земной атмосферы.

Необходимые пособия. Доступность для любителя наблюдений падающих звезд об'ясняется тем, что наблюдения эти не требуют никаких специальных приборов. Для основных наблюдений, состоящих в нанесении метеоров на карту, нужны только звездная карта, часы и маленький электрический фонарь, который следует зажигать только на время, нужное для нанесения метеора на карту. Чрезвычайно важно удобное расположение наблюдателя. Лучше всего расположиться где-нибудь на открытом месте, старательно избегая ярко-освещенных окон, фонарей и т. п.

Главное, чем нужно запастись наблюдателю, это хорошие *звездные карты*. Наилучшим для наблюдения падающих звезд следует считать звездный атлас проф. К. Д. Покровского, состоящий из 12 карт и охватывающий небо до — 30°. Масштаб карт достаточно велик и позволяет отсчитывать положения метеоров с точностью до 0°1. Атлас К. Д. Покровского содержит также карту, специально построенную профессором В. К. Цераским для наблюдений Персеид, и вспомогательные сетки, нужные при обработке наблюдений. Главным достоинством карты Цераского является то, что она почти не искажает вида неба и нанесение метеоров на нее не представляет больших трудностей.

Наблюдатель, умеющий немного чертить, может самостоятельно построить подобную карту и для других участков неба. Радиус параллели склонения (δ) вычисляется при этом по формуле:

$$r = 500\left[\operatorname{tg}\left(\frac{90 - \delta}{2}\right)\right]^{2/3},$$

а угол между кругами склонения на небе в 15° представляется на карте углом в 10°. За центр карты при этом берутся координаты среднего положения радианта данного метеорного потока, координаты же звезд берутся из какого-нибудь звездного каталога. Р. О. Л. М. намерено издать такие карты для некоторых потоков.

Наблюдатель, не имеющий под рукой атласа К. Д. Покровского, может воспользоваться на первых порах,

любой другой звездной картой или атласом, лишь бы масштаб их не был слишком мал и координатная сетка была бы сравнительно часта, чтобы можно было по возможности отсчитывать положения метеоров с точностью до 0°.5.

Так как от постоянного нанесения метеоров, карты быстро портятся, то наносить метеоры на оригинальные карты было бы непрактично. Лучше всего заранее приготовить копию карты соответствующего участка на бумажной кальке, или на простой белой бумаге, которую нужно смачивать для придания прозрачности ваткой, намоченной в бензине. Как только бензин высохнет, бумага приобретет свой прежний вид, на карте же не останется никаких пятен. Важно отмечать, с какой карты и из какого атласа сделана настоящия копия. В районах неба, богатых звездами, можно копировать только до 5 величины, или даже до 4, если на небе есть Луна. Наблюдателю занимающемуся систематическими наблюдениями падающих звезд, полезно заготовить набор копий карт, охватывающий все небо. Перед наблюдениями нужные копии карт надо приколоть или приклеить к картону, чтобы карты не мялись во время наблюдений.

Кроме карты, проверенных часов (см. ниже), необходимо приготовить заранее перед наблюдениями несколько остроочиненных карандашей и небольшую линейку. Все наблюдения записываются на заранее разграфленные бланки, образцы которых приводятся дальше. При систематических наблюдениях можно рекомендовать записи производить не на отдельных листках, а в особой тетради, куда заносить все наблюдения падающих звезд за данный год. Полезно также брать с собой на наблюдения бинокль для того, чтобы пронаблюдать потухание яркого следа после метеора или отождествить звезды в сумерки или при Луне.

Наблюдения радиантов метеорных потоков. Наблюдения эти являются основными в метеорной астрономии и желательно привлечь к ним возможно большее число наблюдателей. Важно, чтобы наблюдения производились по возможности систематично, из месяца в месяц.

Наблюдатель, не имеющий возможности уделять достаточно времени этим наблюдениям, может производить не каждую ясную ночь, а только несколько раз в месяц,

но при этом нужно руководствоваться соображением, что *наблюдения, произведенные в течение 4—5 часов в одну ночь, имеют значительно большую ценность, чем наблюдения по часу в течение 4—5 ночей.* Начав наблюдения, наблюдатель не должен смущаться малым числом замеченных им в данный день падающих звезд, так как наблюдения, указывающие на малую метеорную активность в определенный день, имеют не меньшую ценность, чем наблюдения богатого метеорного потока. В среднем можно рассчитывать на следующее число метеоров для одного наблюдателя в 1 час, в зависимости от времени дня и месяца наблюдений.

Таблица 1.

Число метеоров в час (среднее для всего года).						
Час.	18	19	20	21	22	23
Число метеоров.	3.8	4.6	5.6	6.8	8.2	9.8
Час.	0	1	2	3	4	
Число метеоров.	11.5	13.1	14.4	15.0	14.8	

Таблица 2.

Число метеоров в час (для каждого месяца).						
Месяц.	Янв.	Февр.	Март.	Апр.	Май.	Июнь.
Число метеоров.	8	6	7	7	7	6
Месяц.	Июль.	Авг.	Сент.	Окт.	Ноябрь.	Дек.
Число метеоров.	11	18	11	14	13	11

Как видно из таблицы II, часовые числа метеоров, данные в таблице I, в первую половину года (январь — июнь) в действительности несколько меньше, а во вторую половину года (июль — декабрь) несколько больше чисел, помещенных в таблице I. Приведенные числа относятся, конечно, к ясным безоблачным ночам; в дни близкие к полнолунию или при очень плохой прозрачности неба, число наблюдаемых метеоров может быть значительно меньше, а потому наблюдения в эти дни стоит производить только при наличии определенного метеорного потока или какого-либо другого важного фактора.

При намечении района наблюдений можно либо выбрать район, в котором находится какой-нибудь действующий радиант, либо, если наблюдателей несколько, распределить между ними все небо. В случае отсутствия в данный день определенного радианта рекомендуется выбирать какой-нибудь район в восточной части неба.

Наблюдатели, живущие на юге СССР, должны обращать особое внимание на южную половину неба. Наши знания о радиантах южного полушария крайне ограничены и всякое новое наблюдение в этой области неба представляет большой интерес для науки.

Список главнейших наблюденных радиантов и таблица смещения некоторых радиантов даны в отд. VI.

Нанесение метеоров на карту. Заметив метеор, наблюдатель отмечает момент и, запомнив возможно точнее положение пути метеора относительно ближайших звезд, наносит таковой на карту (или копию) в виде стрелки, направленной по направлению полета метеора, начало и конец которой соответствуют точкам возгорания и потухания падающей звезды. Около стрелки ставится порядковый номер, под которым метеор заносится в журнал наблюдений. В тех случаях, когда положение пути точно не было замечено, метеоры на карты лучше не заносить. Самое нанесение метеора следует производить возможно более аккуратно, пользуясь маленькой линейкой. Хорошо наблюденные, но плохо нанесенные на карту метеоры *сильно теряют* в своем научном значении.

Здесь вся задача заключается главным образом в аккуратном определении точки появления и исчезновения ме-

теора. Она решается чрезвычайно просто, если конечные точки пути метеора совпадают с 2 звездами, но такой случай является исключением. В остальных же случаях много помогают нанесению метеоров соображения вроде следующих: «метеор загорелся на $\frac{1}{2}^{0}$ к северу от звезды α, а потух на расстоянии 0.3 между звездами β и γ»; или

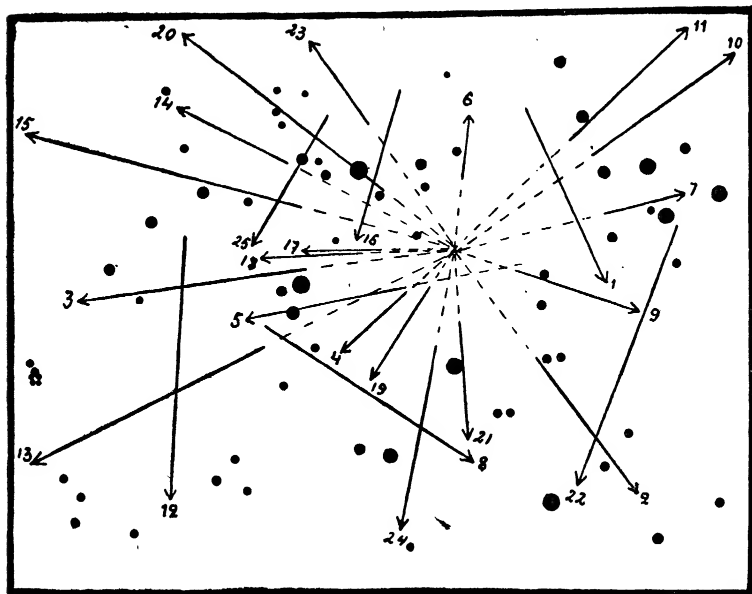


Рис. 15 Нанесение метеоров на карту.

«путь метеора был параллелен звездам α и β»; «точка возгорания на полпути между γ и δ, точка потухания на продолжении прямой, соединяющей звезды ε и η» и т. д.

Журнал наблюдений. Одновременно с нанесением метеора на карту его особенности отмечаются в специальном журнале наблюдений, схема записи приведена на след. стр.

Вполне понятно, что заметить сразу все особенности падающей звезды начинающему наблюдателю трудно и ему можно рекомендовать вводить таковые по возможности

Схема записи.

1) Наблюдатель ....

2) Адрес..

3) Опытность наблюдателя..

4) Состояние наблюдателя ....

5) Какая карта употреблялась..

....

6) Дата ....

7) Время наблюдений: от .... до..................

8) Какое время подразумевается: ....

9) Часы: ...., их точность: ....

10) На какие звезды фиксировалось внимание в ожидании полета ....

11) Состояние неба ....

№№ по порядку	ВРЕМЯ ч. м. с.	Яркость	Цвет	Продолжительность полета	Продолжительность следа	Точка появления		Точка исчезновения		Точность нанесения	ПРИМЕЧАНИЕ	Годовой порядковый №
						α	δ	α	δ			

по мере появления навыка. Совершенно же необходимы данные о времени и точное нанесение пути.

1) *Наблюдатель.* Если наблюдают несколько человек, необходимо ведение журнала отдельно на каждого наблюдателя. Сводить в одно наблюдения целого кружка или хотя бы 2—3 наблюдателей совершенно недопустимо, ибо у каждого наблюдателя есть свои индивидуальные особенности в нанесении метеоров, оценки их яркости и т. п. Лучше также пользоваться и отдельными картами для каждого наблюдателя, чтобы метеор замеченный несколькими наблюдателями, можно было нанести на различные карты.

3) *Опытность наблюдателя.* Наблюдатель указывает, наблюдает ли он впервые, или уже имеет некоторую опытность, отмечает уверенность, с которой наносятся им метеоры.

4) *Состояние наблюдателя.* В этой графе отмечается состояние наблюдателя во время наблюдений: бодрое, усталое, сонливое и т. д., что важно в смысле вероятного влияния на личные ошибки наблюдений.

6) *Дата.* В виду того, что ночные наблюдения большей частью захватывают 2 суток, рекомендуется помечать в этой графе оба дня, напр., «29—30 августа 1928».

7) *Время наблюдений.* Указывается начало и конец наблюдений; в случае, если делались перерывы для отдыха или по другим причинам, указывается, когда они были. Можно рекомендовать придерживаться такого порядка: двадцать пять минут наблюдений — пять минут перерыв и т. д. Длительные перерывы в наблюдениях (2—3 часа) крайне нежелательны.

8) *Какое время подразумевается.* Следует придерживаться по возможности поясного времени, указывая к какому поясу относится местность, где живет наблюдатель.

9) *Часы и их точность.* Указывается род часов, употреблявшихся при наблюдениях (хронометр (фирма), карманные часы и т. п.) и их точность, т. е. предел возможной ошибки часов во время наблюдений, напр., карманные часы точность ± 1 *м*, хронометр *Nardin* 412, точность ± 5 *с* и т. д. Если поправка часов известна, то ее следует указать.

10) *На какие звезды фиксировалось внимание в ожидании полета.* Эти звезды выбираются близко к центру района, намеченного для наблюдений. Если действующий радиант находится в стороне от выбранной области, так что метеоры летят почти все в одном направлении, полезно, после накопления некоторого материала, перенести свое внимание на другой участок, в котором направление полета метеоров составляет прямой угол с первоначальным.

11) *Состояние неба.* В этой графе указывается облачность (какие созвездия и когда затянуты облаками), видимость звезд (предельная величина звезд, видимых простым глазом в наблюдаемом районе), наличие Луны (в котором часу она взошла или зашла) и т. д.

№№ по порядку. Нумерацию следует вести отдельно для каждого дня наблюдений. Порядковый номер, под которым метеор записывается в журнал, обязательно отмечается при нанесении его на карту около конца стрелки.

Время. Счет времени ведется от 0 до 24 часов (считая от полуночи). Момент появления метеора записывается с округлением до ближайшей полминуты.

Яркость. Яркость метеоров указывается в зв. величинах, для чего рекомендуется выбрать заранее в районе наблюдений несколько звезд определенной яркости для сравнения с ними яркости метеоров. Если последняя превосходит яркость звезд, наблюдатель сравнивает с Юпитером, Венерой, Луной, и записывает в журнале > ♃ (ярче Юпитера), = ♀ (равен по яркости Венере) и т. п. Для очень больших яркостей можно иметь в виду такую табличку:

Об'ект	Яркость	Об'ект	Яркость
Альдебаран, Спика	1 вел.	Венера	от -3 до -4 вел.
Капелла, Вега, Арктур	0 „	Луна в I или в III четв.	— 9 „
Сириус	—1.5 „	Луна в полнолуние.	—12 „
Юпитер	—2.5 „		

Цвет. Для того, чтобы различать цветовые оттенки нужен, конечно, некоторый опыт; в тех случаях, когда, вследствие быстроты метеора или его малой яркости, цвет метеора не замечен, это отмечается в графе «цвет» чертой (—).

Продолжительность полета. Для определения продолжительности полета метеора, обычно составляющей долю секунды, можно рекомендовать один из следующих способов: 1) пользование секундомером, дающим сотые доли секунды; 2) наблюдатель помещает около себя метроном, отбивающий секунды или полсекунды и приближенно оценивает долю секунды, которую продолжался полет метеора; 3) при отсутствии вышеуказанных приборов можно рекомендовать способ, обычно употребляемый английскими наблюдателями: наблюдатель тренируется перед часами с секундной стрелкой, произнося скороговоркой слова: раз, два, три, четыре, пять — ровно в течение одной секунды; следовательно, приближенная продолжительность произнесения одного слова равна 0.2 сек. Оценивая, скольким счетам соответствует полет данного метеора, наблюдатель, при некотором навыке, получает хорошую оценку продолжительности полета.

Опыт показывает, как важно развить у себя это «чувство секунды». Начинающие наблюдатели часто оценивают продолжительность полета метеора в 2—5 секунд, так как секунды им представляются чем-то крайне кратковременным. На самом же деле средняя продолжительность полета метеоров всего только 0.4 — 0.6 сек. и немногие из них бывает видны более 1 сек.

Продолжительность следа. После ярких метеоров очень часто остается на небе более или менее яркий след, наличие которого и продолжительность его видимости отмечается в этой графе. О наблюдениях за долго держащимися следами сказано подробнее ниже.

Координаты: точка появления (α_1, δ_1) и точка исчезновения (α_2, δ_2). По мере возможности было бы желательно, чтобы каждый наблюдатель сам производил отсчет координат, определяющих на звездной карте точку появления и исчезновения метеоров. Для исключения случайных ошибок желательно эти отсчеты производить в две руки, т. е.

либо дважды одним и тем же лицом, либо, что лучше, двумя различными лицами. Отсчеты делаются и записываются в журнал с точностью до *одной десятой градуса.* Если при отсчете во вторую руку получается расхождение меньше $0^{0}.4$, берется среднее значение данной координаты, при больших же расхождениях необходимо отсчитать координаты заново.

Если наблюдателя затрудняет отсчет координат, или у него самого нет достаточного для этого времени, то он может его и не производить, а ограничиться присылкой журнала наблюдений и карты, оставив графы «координаты» незаполненными. Если наблюдения производятся систематически, то не следует накапливать карты с неотсчитанными координатами, а лучше производить отсчет на другой же день после наблюдения.

Точность нанесения. Если положение метеора замечено наблюдателем совершенно отчетливо, участок неба богат звездами, могущими служить опорными точками, и наблюдатель абсолютно ручается за точность нанесения, то это отмечается восклицательным знаком (!), который ставится в соответствующей графе. Если же метеор замечен боковым зрением, или пролетел в районе неба, бедном звездами, то против него ставится вопросительный знак (?). В остальных случаях графа эта остается свободной.

Примечание. Сюда относятся все особенности, замеченные у данного метеора, как-то: изогнутый путь, колебание яркости, изменение цвета и т. п. В особо интересных случаях желательно приложение отдельных рисунков. Подробнее обо всем этом сказано ниже, где говорится о наблюдениях особенных классов метеоров.

Наблюдения больших потоков. Кроме большого числа слабых потоков, наблюдаемых в течение всего года и дающих 5—10 метеоров из радианта за ночь, существует еще несколько больших потоков. Представляет большой интерес возможно тщательнее изучить строение этих потоков, для чего чрезвычайно полезен метод «квалифицированного счета», изложенный ниже. Здесь же укажем еще на некоторые исследования, связанные с изучением структуры потока.

У большого потока всегда наблюдается более или менее протяженная площадь радиации. Является весьма интересным изучить форму этой площади в различные дни, определить распределение точек пересечения отдельных метеоров внутри площади радиации. Иногда они группируются на краях этой площади, иногда бывает резко выражено сгущение к центру, иногда же таких сгущений бывает несколько. Важно выделить метеоры, относящиеся к отдельным центрам сгущения, т. к. между ними часто оказываются систематические различия в яркости, цвете и т. д. Интересно также то, что 5—10 метеоров, дающих такой сгусток, часто наблюдаются на протяжении нескольких минут, в остальные же часы наблюдений из этого добавочного центра не появляется ни одного метеора. Попутно следует упомянуть об отмеченном многими наблюдателями факте, что часто, после значительного перерыва, метеоры появляются пачками, сразу 2—3 падающих звезды из радианта.

Кроме центров радиации, лежащих в самой площади радиации, во время больших потоков часто наблюдается действие других радиантов, отдаленных от главного иногда на 20^0—30^0, но тем не менее вероятно находящихся с ним в тесной зависимости. Изучение этих добавочных радиантов представляет большой интерес и наблюдатель, обративший свое внимание в дни максимума к. н. потока на область вне главного радианта, может получить очень ценные результаты. При наличии одновременно проведенного квалифицированного счета метеоров явится возможность определить моменты максимумов отдельных потоков, различие в физических свойствах метеоров, входящих в их состав и т. п.

Важно также проследить за смещением радианта (центра площади) потока в течение возможно более длинного промежутка времени. Если для некоторых потоков существование этого смещения вполне доказано, то для других вопрос этот отнюдь еще не решен. Поэтому интересно начинать наблюдения потока задолго до дней максимума и продолжать их также по возможности дольше. Эти данные позволят сделать интересные выводы об изменениях в элементах средней орбиты потока и т. д.,

а также точнее установить период видимости данного потока. Даже в течение одной ночи положение радианта из-за т. н. «зенитного притяжения» и «суточной аберрации» должны изменяться. Поэтому при продолжительных наблюдениях и большом числе метеоров полезно определить положения радианта в течение одной ночи для нескольких интервалов времени.

Изучение смещения потоков приводит нас к вопросу о т. н. «*стационарных радиантах*», т. е. радиантах действующих иногда в течение нескольких месяцев и не обнаруживающих никакого заметного смещения. Теоретически об'яснить существование стационарных радиантов почти невозможно, и потому сейчас многие астрономы просто отрицают их существование. Поэтому интересно будет проследить внимателько за областью неба, для которой указан стационарный радиант (не пугаясь малого числа метеоров) в течении возможно более продолжительного времени и тем самым способствовать решению этого «темного» вопроса метеорной астрономии.

Квалифицированный счет *). Необходимо иметь по крайней мере *двух независимых* друг от друга *наблюдателей*, следящих одновременно за одной и той же частью неба, расположенных на расстоянии 80—200 метров один от другого: на этом расстоянии слова наблюдателей уже не слышны, но вместе с тем является возможность пользоваться каким либо громким звуковым сигналом для обозначения момента начала и конца наблюдений. Каждый наблюдатель должен иметь помощника, записывающего под диктовку наблюдателя результаты наблюдения, чтобы сам наблюдатель мог непрерывно следить за небом. Перемена мест наблюдателя и его помощника является крайне нежелательной и может быть допущена не ранее прошествия нескольких ночей наблюдения. Не только в течение ночи, но и вообще за весь данный период наблюдений, наблюдатели не должны сообщать друг другу результаты.

В случае не очень обильного появления метеоров, примерно не более 20 в час, опытный наблюдатель может

*) См. ст. Эпика в „Мироведении“ за 1921 г.

обойтись без помощника. В этом случае можно даже наносить метеоры на карту, однако при условии, что наблюдатель заносит в журнал наблюдений *все* метеоры, даже и те, положения которых замечены не очень точно.

Каждые два независимых наблюдателя (т. е. две пары) следят за одной и той же областью неба в одно и то же наперед условленное время. Наблюдатель должен тщательно оберегать свой глаз от излишнего раздражения, и по крайней мере минут десять до начала наблюдений пробыть в темноте. Поза при наблюдениях должна быть возможно удобнее, чтобы не чувствовалось утомления.

При близорукости глаза следует наблюдать в очках, причем при наблюдениях следует указывать № очков и в какой мере они корректируют зрение, лучше всего по двойным звездам — ζ Б. Медведицы (Мицар), ε Лиры, Плеяды.

Поперечник выбранной на небе области не должен превосходить 60^0.

Порядок наблюдения и записи. В начале и конце, а в случае резких измений — и в течение наблюдений, должно отмечаться состояние неба (степень его прозрачности). Общее состояние неба можно оценивать по пятибальной шкале, причем для нормального глаза значение баллов, примерно, следующее:

Балл 1 — туманно, видны звезды до 2 вел.
„ 2 — видны звезды до 3 — 4 вел.
„ 3 — видны звезды до 5 вел.
„ 4 — видны звезды до 6 вел., но с трудом
„ 5 — видны мельчайшие звезды.

Сверх того следует, конечно, отметить всякое появление облаков, тумана и т. п. в отдельных частях наблюдаемой области.

При обработке наблюдений существенную роль играет атмосферное поглощение. С достаточной для данных целей точностью можно его определить следующим образом. Наблюдатель выбирает несколько определенных звезд от 2-й вел. и ярче и сравнивает их яркость в момент, когда высота их над горизонтом мала — примерно от 4^0 до 15^0 — со звездами, находящимися высоко над горизонтом (не ниже 30); звезды сравнения следует выбирать так, чтобы

они казались почти одинаковой яркости с данной; поэтому надо наметить ряд «высоких звезд», на 0,5 — 2,0 величины слабее «низких». Сравнения можно производить способом Пикеринга (см. инструкцию для наблюдения переменных звезд) и повторять их не только в начале и конце наблюдений, но и во время каждого из перерывов; при этом надо точно отмечать момент сравнения.

Наблюдатель запоминает границы области, намечает приблизительно ее центр и начинает следить за ней, возможно равномернее пробегая ее взглядом. Для этого можно рекомендовать такой способ: провести мысленно среди созвездий круг (приблизительно) на полпути между центром и границей области и водить спокойно по этому кругу. Никакие метеоры за пределами границ области отмечаться не должны. Если случайно наблюдался какой нибудь болид вне области, то записать его можно, обязательно с примечанием: «вне области».

Запись ведется на разграфленном наперед листе, причем графы следуют в таком порядке: 1) номер, 2) момент, 3) яркость, 4) положение, 5) направление движения, 6) длина пути, 7) продолжительность полета, 8) цвет, 9) примечание.

Момент появления метеора должен отмечаться с точностью до секунды. Разные наблюдатели должны возможно чаще сравнивать свои часы; если они находятся недалеко друг от друга, то сравнивать можно каждый раз до и после наблюдений. Поправку часов надо знать с точностью до минуты, чтобы точно в условное время начинать и кончать наблюдения. В графе «Примечания» следует точно (до десятых долей минуты) отмечать начало и конец наблюдений, а также всякие перерывы в наблюдениях.

Яркость метеоров следует записывать в звездных величинах с точностью до 0.5 зв. вел. После появления метеора следует переводить глаз на ближайшую подходящую звезду сравнения, чтобы избежать оценок на память.

Выбор звезд сравнения может быть произведен двояким образом: а) подбирают 4 — 6 звезд, по возможности ближе к центру области, образующих определенную шкалу рякости, примерно между 1 — 5 зв. вел., и сравнения

производят исключительно с этими звездами; б) берут по возможности больше звезд, равномерно разбросанных по всей области (числом 20—30 и более) и сравнивают с ближайшими из них. Оба способа имеют свои недостатки и преимущества; при втором способе почти исчезает поправка на атмосферное поглощение, зато становится затруднительным запоминать наблюдателю величины большого числа звезд. Во всяком случае, при наблюдениях должны быть точно указаны все употреблявшиеся звезды сравнения и принятая для них наблюдателем яркость в зв. вел. (хотя бы эта величина была ошибочна). Для удобства лучше всего округлять яркость звезд сравнения до 0 5 зв. вел. и запоминать получающиеся таким образом *условные величины*.

Как для отожествления метеоров, видимых разными наблюдателями, так и в целях правильной обработки, необходимо указывать *положение* метеора. Для этого всю область мысленно делят с помощью линий, соединяющих определенные звезды, на участки — поперечником от 10° до 20°; чем ниже данная часть области в течении наблюдений находится над горизонтом, тем мельче надо стараться брать участки, причем в этом случае следует главным образом следить за тем, чтобы разница высот крайних точек участка была достаточно мала, эта разница не должна превосходить $^1/_3$ самой величины. Напр., если в течении наблюдений минимальная высота центра какого либо участка равна 20°, то разница высот или ширина участка в вертикальном направлении не должна быть больше 7°.

Участки обозначаются номерами. При появлении метеора наблюдатель отмечает участок, на который приходится середина видимого пути метеора. Если начало или конец последнего выходит за пределы, то полезно это отмечать.

Кроме положения, нужно указывать *направление* движения. Для этого выбираем в области какие-нибудь 2 заметные звезды и условно принимаем линию, соединяющую их, за направление с севера на юг или с востока на запад (на самом деле выбранное направление с указанными направлениями может и не совпадать); направление полета метеора отмечают относительно данного направления так,

как определяется направление ветра, по странам света, откуда исходит движение.

Длина пути должна определяться на глазомер в градусах, для чего подбирают в данной области несколько известных расстояний между звездами.

Продолжительность полета в секундах возможно отмечать лишь тогда, когда она достаточно велика, напр., не менее $^3/_4$ секунды; для более коротких метеоров можно провести лишь подразделение на быстрых (примерно менее $^1/_3$ секунды) и медленных (более $^1/_3$ секунды). Сокращенные обозначения Б и М.

Цвет обозначать начальными буквами, напр., ж. — желтый; б.-ж. — беловато-желтый; ж.-б. — желтовато-белый, к — красноватый и т. д. Для сравнения и здесь рекомендуется выбрать определенные звезды. Оценки цвета можно делать только для ярких метеоров.

Приведенные выше признаки не все одинаково важны; в случае необходимости могут быть опущены последние три, т.-е. длина пути, продолжительность и цвет. В следующую очередь можно не обозначать направления, но от этого уже страдает обработка; пропуск же одного из трех признаков — момента, яркости и положения — лишает наблюдение всякого значения и при обработке такое наблюдение отбрасывается.

Желательно, чтобы параллельно со счетом кто-либо заносил метеоры на карту.

Для удобства обработки, наблюдения должны отличаться возможно большей однородностью; следует начинать и кончать наблюдения одного метеорного потока в разные ночи в один и тот же час. Между наблюдениями, продолжающимися более одного часа, следует устраивать перерыв для отдыха, при чем можно рекомендовать такое распределение времени: 50 минут наблюдений и 10 минут перерыва. Присутствие Луны над горизонтом не должно служить причиной прекращения наблюдений, так как данный способ счета дает возможность исключить и это влияние.

Схема для счета метеоров в течение целого года. Для наблюдений наиболее пригодна околополярная область, так как она сохраняет постоянное зенитное расстояние.

Границы области.	№ участка.	Границы участков.
ε Кассиопеи γ „ ι Цефея	1	Полярная, *B.D.* 81°.302 Дракона α=9 ч. 23 м., $\delta = 81°46'$, m= 4.4), β, γ М. Медв., κ, γ Цефея, Полярная.
α „ δ „	2	β М. Медв., *B.D.* 81°.302, φ Б. Медв., λ, κ Дракона, β М. Медв.
δ Дракона ζ „	3	Полярная, *B.D.* 81°.302, φ Б. Медв., γ Цефея, Полярная.
η „ ι „	4	Полярная, γ Жирафа, *A* Кассиопеи, γ Цефея, Полярная.
α „	5	κ, γ, ζ Цефея, ε Дракона, κ Цефея.
α Б. Медведицы *h* „	6	ε, δ, ζ, η Дракона, γ М. Медв., κ Цефея, ε Дракона.
o „	7	β, γ М. Медв. η, ι, α, κ Дракона, β М. Медв.
β Жирафа	8	α, κ, λ Дракона, α Б. Медв., α Дракона.
ε Кассиопеи	9	λ Дракона, ρ, o, *h* Б. Медв., λ Дракона.
	10	ρ, o Б. Медв., β, γ Жирафа, ρ Б. Медв.
	11	ε, *A* Кассиопеи, γ, β Жирафа, ε Кассиопеи.
	12	*A*, ε, γ Кассиопеи, ι, o Цефея, *A* Кассиопеи.
	13	*A* Кассиопеи, ω, ι, β, γ Цефея, *A* Кассиопеи.
	14	ι, α, ϑ Цефея, δ, ε Дракона, β, ι Цефея.

Звезды сравнения для определения яркости.

Названия	Яркость по *P. D.*	Условная яркость.	
Полярная	2.3 зв. вел.	2.5	При оценке цвета можно принять цвет Полярной – желто-белый, β М. Медв.—оранжевый,
γ Цефея	3.4 „	3.5	
ε М. Медв.	4 5 „	4.5	
B. D, 85°383 (α = 22 ч. 21 м., δ = 85°36′, 1900)	5.4 „	5.5	

Для определения атмосферного поглощения сравнивать яркость перечисленных звезд с одной из следующих звезд при низком их положении над горизонтом (от 4° до 15°).

Название.	Яркость по *P.D.*	Название.	Яркость по *P.D.*
α Лиры	0.4	γ Кассиопеи	2.5
α Возничего	0.4	α Лебедя	1.6
α Персея	2.2	η Б. Медведицы	2.3
		ε „ „	2.2

Основное направление: α — β Мал. Медведицы.

За масштаб длины пути можно принять:

расстояние Полярная — γ Кассиопеи $= 30^0$

Полярная — β М. Медведицы $= 17^0$

Полярная — ε М. Медведицы $= 8^1/_2{}^0$.

Наблюдения следует производить в одни и те же определенные часы по местному солнечному времени, расположенные симметрично относительно полуночи. Наблюдатели должны наперед остановиться на каком нибудь интервале и уже придерживаться его в течение целого года. В периоды обильных потоков (напр., Персеид) следует продолжать наблюдения в той же области.

Схема счета потока Персеид (период наблюдения 8—14 августа)

Начинать наблюдения следует в 11 ч. 30 мин. местного (не поясного) времени. Начало наблюдений, равно как и моменты 10-минутных перерывов, следует ежедневно отодвигать на 4 минуты назад для того, чтобы все промежутки наблюдений падали на один и тот же час звездного времени. В дни максимума (10 — 12 авг.) надо обязательно иметь помощника.

За основное направление при обозначении направления движения принять линию γ — α Андромеды, считая ее условно направлением Восток—Запад.

За масштаб длины пути можно принять:

α Андромеды — α Кассиопеи $= 27^\circ$

α — β Персея $= 10^\circ$

β — ρ Персея $= 2^1/_4{}^\circ$.

Границы области.	№ участка.	Границы участков.
α Андромеды ι »	1	η, γ, α, μ Персея; α Возничего; θ Жирафа; ι Кассиопеи; η Персея.
λ » τ Кассиопеи	2	ϑ, γ, ϰ, ψ, ι Кассиопеи; η, φ Персея; θ Кассиопеи.
ϰ » ψ »	3	λ Андромеды; τ, ϰ, γ, ϑ, π Кассиопеи; λ Андромеды.
ι » β Жирафа	4	φ, η, γ, α, ϰ, β Персея; γ Андромеды; φ Персея.
α Возничего η »	5	β, μ, ν Андромеды; π, ϑ Кассиопеи; φ Персея; γ, β Андромеды.
ι » ψ Тельца	6	α, ι, λ Андромеды; π Кассиопеи; ν, μ, β, δ, α Андромеды.
A »	7	β, ε, μ, α, ϰ, β Персея.
f »	8	β, ε. ξ, ζ, ο Персея; *c* Овна; ρ, β Персея,
μ Кита ξ Овна	9	β, ρ Персея; *c*, α Овна; γ Треугольника; γ Андромеды; β Персея.
η Рыб η Андромеды	10	β, γ Андромеды; γ Треугольника; α, β Возничего; β Андромеды.
ζ » α »	11	α, δ, β Андромеды; β Овна; η Рыб; η, ζ, α Андромеды.
	12	ξ, ε, μ Персея; α, η Возничего; ξ Персея.
	13	ζ, ξ Персея; υ, ι Возничего; φ Тельца; ζ Персея.
	14	ε, *c* Овна; ο, ζ Персея; φ, *A*, η Тельца; ε Овна.
	15	η Рыб; β, α, *c*, ε, π Овна; μ Кита; ξ Овна; η Рыб.
	16	μ Кита; π, ε Овна; η. *A*, *f* Тельца; μ Кита.

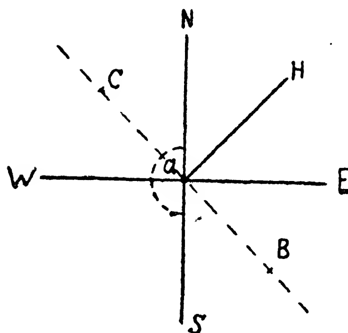
Звезды сравнения для определения яркости.

Название.	Яркость по *P.D.*	Условная яркость.	
			Для определения цвета.
Капелла	0.4	0.5	α Персея — желт--бел.
α Персея	2.2	2.0	β Андромеды — ор. кр.
γ »	3.2	3.0	
ι Персея	4.2	4.0	
c Андромеды	5.6	5.5	

Для определения атмосферного поглощения — сравнивать вышеупомянутые звезды со следующими:

Название.	Яркость *P. D.*
β Тельца	2.0
β Ориона (Ригель) . .	0.6
α Близнецов . . .	1.9
β „ . . .	1.5
α Мал. Пса (Процион)	0.7

Данная схема пригодна и для наблюдения потока Андромедид (15 — 19 ноября), с тем различием, что в этом случае наблюдения можно производить всю ночь.



Черт. 16. Размещение наблюдателей при наблюдении высот падающих звезд: а – 1-й наблюдатель, В или С—второй наблюдатель, аН—направление на радиант.

Определение высот падающих звезд. Если один и тот же метеор удастся пронаблюдать из 2 пунктов, удаленных один от другого на несколько десятков километров, то нетрудно определить высоты начала и конца пути метеора, истинную длину пути и, если известна продолжительность полета, геоцентрическую скорость метеора. Поэтому если где-либо найдутся 2 — 3 наблюдателя, живущие один от другого километров на 50, они могут принести большую пользу науке, если организуют одновременные наблюдения падающих звезд для определения их высот. Если постоянных таких наблюдений организовать нельзя, то представляет достаточный интерес проводить их во время

больших потоков. Важно отметить, что интересно определить высоты не только около максимума потока, но и в начале и в конце его деятельности.

Наиболее удобно расстояние между наблюдателями около 40—60 километров, т. к. при меньших базисах ошибки наблюдений слишком сильно сказываются на результате. Лучше всего, если линия, соединяющая наблюдателей, перпендикулярна к направлению на избранный радиант в средний момент наблюдений (черт. 16). Результаты при этом получаются наиболее точные.

Перед наблюдениями следует заготовить одинаковые карты, а также запастись верными часами. Знать абсолютную поправку часов достаточно до 0.5—1.0 минуты, но важно, чтобы часы обоих наблюдателей были сверены друг с другом *до* и *после* наблюдений по возможности до секунд. Только в крайнем случае, если сверку произвести невозможно, относительную поправку часов наблюдателей придется вывести из сопоставления несомненно идентичных метеоров. Область, намеченная для наблюдений, должна быть не более 50—60° диаметром, при чем наблюдатель, находящийся на юге (востоке) должен сместить центр этой области несколько (градусов на 10—30) к северу (западу) от избранного радианта и наоборот. Наблюдатели заранее должны условиться о моментах начала и конца наблюдений и перерывах. При появлении метеора время его появления записывается до секунды, для чего полезно иметь помощника. Нанося метеор на карту следует иметь в виду, что если при определении радиантов наиболее важно направление полета, в данном случае важно знать *точное положение начала и конца пути метеора*. Поэтому следует особенно обратить внимание на то, чтобы не удлинять и не укорачивать пути метеора по сравнению с тем, что наблюдалось на небе. Следует постараться также по возможности точно оценивать продолжительность явления, что даст впоследствии возможность определить скорость метеора. Попутно записываются данные о яркости, цвете, наличии следа и т. п., которые помогут отождествить метеоры, а также отмечается точность нанесения метеора.

Особые классы метеоров. При систематических наблюдениях падающих звезд, а иногда и просто случайно,

удается наблюдать метеор с какой-нибудь интересной особенностью. Редкость таких наблюдений, их случайность, заставляют наблюдателя возможно внимательнее отнестись к тому явлению, свидетелем которого ему удалось быть. При описании явления следует отмечать только то, что твердо и хорошо замечено, т. к. часто многие особенности об'ясняются просто тем, что метеор был виден боковым зрением, усталостью наблюдателя и т. п. В этом отношении интересно отметить, что чем опытнее становится наблюдатель, тем меньше становится процент замеченных им метеоров с к.-н. особенностями. Из отдельных классов упомянем следующие.

Стационарные метеоры. Так называются метеоры, которые летят как раз по лучу зрения и представляются наблюдателю в виде вспыхнувшей точки, не меняющей своего положения. Иногда они оставляют после себя след в виде туманного круглого пятнышка. Наблюдатель, заметивший стационарный метеор, должен возможно тщательнее нанести его положение на карту, т. к. один стационарный метеор сам по себе определяет положение радианта.

Метеоры с искривлением пути, изменением яркости и т. п. К числу первых следует отнести метеоры, пути которых представляются дугами малых кругов, метеоры, изменяющие свой прямолинейный путь под углом иногда в 90^{0}, зигзагообразные метеоры и т. п. Ко вторым относятся метеоры постепенно увеличивающие или уменьшающие свою яркость, дающие на протяжении пути несколько вспышек, рассеивающие искры, меняющие цвет и т. д Во всех случаях, когда наблюдался метеор такого типа, следует дать рисунок пути, указав точки, где произошли те или иные изменения, и снабдить рисунок возможно подробным описанием явления. Если метеоры с резко выраженными особенностями чрезвычайно редки, то с другой стороны, вообще говоря, редко два метеора бывают похожи друг на друга в точности. Можно было бы считать интересным начинанием, если кто-нибудь при систематических наблюдениях падающих звезд отмечал в графе „примечания“ все, даже ничтожные, особенности каждого метеора. Интересно, например, отмечать яркость в начале, конце пути и максимальную, а также отмечать

положение этого максимума, оценивая на глаз в пятых долях пути метеора, считая от начала. Многие метеоры отличаются формой ядра, головы, хвоста и т. п.; в таких случаях полезно давать описание появления метеора, рисунок. Необходимо, конечно, с большой осторожностью относиться к подобным наблюдениям, записывая только то, что было замечено с уверенностью. Очень быстрые, очень слабые или замеченные боковым зрением метеоры не позволяют с желаемой точностью отметить условия полета. Вообще говоря, эти наблюдения можно рекомендовать только очень опытным наблюдателям.

Медленные метеоры, характеризуемые очень большой продолжительностью полета, обычно не особенно ярки, имеют часто заметный туманный диск, с красноватым оттенком, без резко выраженного ядра.

Телескопические метеоры. При наблюдениях в астрономическую трубу иногда бывает видно, как через поле зрения пролетит метеор. В этом случае следует зарисовать звезды видимые в трубу, отметить точное положение этого участка неба на звездной карте и занести наблюденный путь метеора. Наблюдения эти в особенности часто могли бы производить любители, занимающиеся изучением переменных звезд, планет и т. п. Полезно отмечать при этом, за сколько часов наблюдений у трубы какое число телескопических метеоров отмечено. Каждое такое наблюдение, даже случайное, очень интересно, и его следует присылать в Р. О. Л. М.

Можно было бы рекомендовать также организовать наблюдение телескопических метеоров вблизи радианта во время к.-н. большого потока, занося метеоры на специально приготовленные заранее детальные карты. Наилучшим инструментом для таких наблюдений является короткофокусная труба диаметром в $2^1/_2$ — 3 дюйма с полем зрения в 4^0 — 5^0 и увеличением в 10 — 15 раз. Ее можно направлять прямо на радиант потока. Чрезвычайно ценны были бы корреспондирующие наблюдения телескопических метеоров из 2 пунктов, удаленных один от друго на 1 — 3 *км.*, которые позволили бы определить высоты телескопических метеоров, остающиеся до сего времени совершенно для нас неизвестными.

Следы метеоров. Остающиеся после ярких метеоров и болидов следы представляют очень интересную, но мало изученную область метеорной астрономии. Помимо того, что при наблюдениях необходимо отметить наличие следа, его продолжительность, цвет и т. п., важно проследить, не обнаружит ли след смещение в к.-н. сторону. Поэтому, как только замечен яркий след, следует точно нанести его положение на карту. Ту же процедуру следует повторить через 2 — 3 минуты, точно отметив момент наблюдения и т. д. В бинокль, или небольшую короткофокусную трубу следы бывают видны тогда, когда они уже исчезли для глаза наблюдателя, и можно отметить даже слабое перемещение следа между звездами, направление этого движения и его угловую скорость. Эти наблюдения дадут чрезвычайно ценный материал для изучения верхних слоев нашей атмосферы. Фотография яркого следа, в особенности повторенная несколько раз, может иметь исключительное научное знанение.

Фотографирование метеоров. Как ни трудно в условиях современности для русского любителя организовать фотографирование падающих звезд, все же необходимо дать несколько указаний по этому вопросу, т. к. именно по этому пути должна развиваться в будущем наблюдательская метеорная астрономия.

Для фотографирования падающих звезд необходим возможно более светосильный об'ектив, с угловым отверстием 1 : 2 — 1 : 3.5. Линейные размеры его не важны. Следует стараться использовать все поле пластинки, хотя бы об'ектив и не давал резких изображений на краях. Пластинка в камере должна быть строго перпендикулярна к оптической оси об'ектива. Фокусировка делается сначала по отдаленному об'екту, а потом пропуская яркие звезды в течение нескольких минут при неподвижной камере и выбирая наиболее тонкий и резкий штрих. Камера может быть либо монтирована на экваториал и следовать за суточным движением небесного свода, либо направлена неподвижно на простой деревянной подставке на область близкую к радианту; в этом случае все неподвижные звезды дадут на негативе более или менее длинные дуги. Моменты начала и конца экспозиции следует отмечать

в этом случае с точностью до 1 минуты, т. к. они понадобятся при выводе координат метеора. Одновременно с фотографированием метеоров, за той же областью неба следует следить и просто глазом, нанося метеоры на карту и точно отмечая момент появления. Особенно тщательно следует производить проявление негативов, чтобы постараться выявить все самые тонкие детали. Наилучшим является глициновый проявитель. Пластинки должны быть максимальной чувствительности, но по возможности мелкозернистые. Экспозиция более одного часа не рекомендуется, т. к. в противном случае общая вуаль негатива может поглотить след слабого метеора. Фотографирование метеоров следует организовывать в дни максимумов больших потоков.

Присылка наблюдений. Раз навсегда надо принять за правило, что *ни одно наблюдение не должно оставаться погребенным* у его автора, а должно своевременно посылаться в Отдел Падающих Звезд—Р. О. Л. М. (Ленинград, 8, ул. Союза Печатников, 25 - А). Все наблюдения, переписанные на бланки, которые можно получить бесплатно по первому требованию из Общества, и *подлинники* карт отсылаются в Отд. Пад. Звезд ежемесячно, в первых числах месяца, следующего за отчетным. Наблюдения эти там немедленно обрабатываются и сводки выведенных радиантов печатаются в „Астрономическом Бюллетене Р. О. Л. М.“.

БИБЛИОГРАФИЯ.

Глазенап. Друзьям и любителям астрономии.
Клейбер. Астрономическая теория падающих звезд.
Клейбер. Определение орбит метеорных потоков.
Покровский. Путеводитель по небу.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ В ЖУРНАЛАХ:

Кулик. К вопросу о связи метеоритов с кометами. Мироведение, 1926, № 2.
Шайн. Заметка о некотором соотношении между цветом и величиной падающих звезд. Известия Р. А. О.. 1913, XIX, 21.
Штауде. Задачи практической метеорной астрономии. Мироведение 1922, № 42.
Штауде. Успехи метеорной астрономии. Мироведение, 1922, № 43, и 1923 № 44.

Штауде. Опыт совместного определения высот и эмпирических поправок координат метеоров. Русск. Астр. журнал., 1925., т. 1 вып. 3-4 и т. II. вып. 1.

Штауде. Обработка наблюдений Леонид, произведенных 14 ноября 1899 г. Известия Инст. им. Лесгафта, VI, 50.

Чирвинский. Об орбитах метеоров. Мироведение, 1923, № 44.

Эпик. Инструкция для наблюдений падающих звезд. Мироведение, 1921, № 40.

Эпик. Результаты наблюдений Персеид способом квалифицированного счета в 1920 г. Известия Инст. им. Лесгафта т. V.

Для лиц знакомых с английским языком:

Olivier. Meteors. 1925.

8. Инструкция для наблюдений зодиакального света.

Зодиакальный свет представляет собой слабое сияние, наблюдаемое на западе после захода Солнца и на востоке перед его восходом. Сияние это обычно имеет вид конуса, основание которого лежит на горизонте, а вершина на некоторой высоте над ним. Ось этого конуса наклонна и лежит почти в плоскости эклиптики, откуда и само название «зодиакальный свет». Кроме него в точке неба, как раз противоположной Солнцу, видно бывает очень слабое световое пятно, наз. «противосиянием». Чем острее угол, образуемый эклиптикой с горизонтом, тем зод. свет виден хуже. Лучше всего зод. свет виден там, где эклиптика составляет угол в 90° с горизонтом. Это имеет место на тропиках, где зод. свет и бывает виден лучше всего. Под широтами выше 50° зод. свет уже настолько слаб, что может быть замечен лишь в отсутствие какого-либо постороннего освещения и притом лишь привычным наблюдателем. В одном и том же месте земного шара угол, составляемый эклиптикой с горизонтом, периодически меняется в течение года. Наибольшего значения он достигает около времени равноденствий, а наименьшего в эпохи солнцестояний. Для сев. полушария период наилучшей вечерней видимости зод. света падает на февраль, март, апрель месяцы, а наилучшая утренняя видимость на сентябрь, октябрь месяцы. В широтах выше 50° яркость зод. света не превышает яркости млечного пути, но в тропиках он значительно ярче.

При об'яснении причин зод. света приводятся обычно две гипотезы: первая связывает зод. свет с Солнцем, вторая—с Землей. По первой гипотезе, кроме обычных оболочек солнечной атмосферы: фотосферы, обращающего слоя, хромосферы и короны, имеется еще пятая, чрезвычайно большая и разреженная оболочка, простирающаяся за пределы земной орбиты. Если придать этой атмосфере эллипсоидальную форму и считать, что ее плотность постепенно возрастает к Солнцу, то ею можно удовлетворительно об'яснить все формы зод. света. Наиболее существенным возражением против этой гипотезы является несовпадение главной оси зод. света с плоскостью солнечного экватора, а также заметные отклонения и от плоскости эклиптики. Вторая гипотеза считает, что причиной зод. света является сгущение метеорной пыли вокруг самой Земли. Эта пыль образует кольцо, вытянутое с одной стороны по направлению к Солнцу, а с другой—к антисолнцу. Первая часть образует собою утренние и вечерние конусы зод. света, а вторая—явление противосияния. Эта гипотеза, хорошо об'ясняя положение зод. света, плохо согласуется с его формой. Для окочательного решения вопроса нужны специальные наблюдения, производимые во многих пунктах земного шара по специальной инструкции. Настоящая заметка и представляет собою опыт такой инструкции.

Наблюдения зод. света состоят в определении его положения, формы, размеров и яркости. В виду слабости зод. света, наблюдения необходимо производить в совершенно ясные и безлунные ночи из пункта, где освершенно отсутствует какое-либо искусственное совещение. Это особенно важно при определении границ, которые имеет на небе зод. свет. Т. к. малейшее освещение значительно сокращает видимые размеры зод. света, то ясно, что без должных предосторожностей мы не получим материала достаточно однородного для массовой обработки. Весьма важно также иметь совершенно открытый горизонт, чтобы иметь возможность определить не только координаты вершины конуса зод. света, но и ширину его основания.

Для определения формы зод. света лучше всего наносить его видимые границы на звездную карту. Такой чертеж

позволит нам определить не только форму и размеры конуса зод. света, но весьма точно найти положение его оси и координаты его вершины.

Наблюдения следует начинать тотчас же, как только потухнет последний сумеречный сегмент. Весьма важно не ограничиться одним чертежом, но сделать их несколько, отмечая в каждом случае момент с точностью до трех минут. Вся суть подобных наблюдений состоит в том, чтобы исследовать, в каком отношении изменения формы зод. света зависят от зенитного расстояния Солнца. Перед наблюдениями необходимо в течение, по крайней мере, 10 минут пробыть в совершенной темноте, чтобы зрачки глаз расширились до своего максимального диаметра. Утренние наблюдения следует начинать за 3—4 часа до восхода Солнца. При этом следует обратить внимание на то, что утренний свет бывает почти всегда слабее вечернего. Некоторыми наблюдателями устанавливалось и систематическое различие в форме утреннего и вечернего зод. света, но эти наблюдения еще нуждаются в проверке.

Яркость зод. света определяется сравнением с отдельными участками млечного пути. Из особенно ярких участков созвездия Лебедя и слабых участков в созвездиях Возничего, Близнецов и Единорога можно составить себе шкалу достаточную, для оценки яркости зод. света всевозможных интенсивностей, наблюдающихся в наших широтах. Т. к. яркость зод. света различна в различных его частях, то можно делать оценку либо наиболее яркой его части, либо оценивать яркости отдельных его зон. В последнем случае, на чертеже необходимо наносить границы этих зон, которые обычно идут параллельно параболическому очертанию млечного пути. Оценки яркости также желательно производить по несколько раз, как при вечерних, так и при утренних наблюдениях. Весьма важно наблюдать яркость зод. света весной, вскоре после полнолуния, когда Луна начинает запаздывать восходом, т. к. подозревается связь между яркостью зод. света и фазами Луны (не становится ли зод. свет ярче к полнолунию?).

Применение биноклей и труб при наблюдениях зод. света является, повидимому, совершенно бесполезным. Значительно интереснее было-бы применение фотографических

методов исследования. Однако до сих пор еще никому не удалось получить фотографии, которая могла бы конкурировать с хорошим рисунком зод. света. Для бо́льшей определенности наблюдения зод. света необходимо иметь достаточный критерий для суждения о прозрачности воздуха. Эту прозрачность можно определить, сравнивая яркость звезд, находящихся около горизонта со звездами на значительных высотах. Сравнивая полученное поглощение с нормальным теоретическим поглощением (см. табл. 14, отд. VI), можно составить себе представление о степени прозрачности воздуха в данный момент. Присутствие в области зод. света ярких планет Венеры и Юпитера также может влиять на результат и потому должно быть отмечено.

Многолетние наблюдения зод. света помогли бы выяснить ряд весьма интересных вопросов. Кроме годового хода, чрезвычайно интересным является вопрос о связи форм и яркости зод. света с одиннадцатилетним периодом солнечной деятельности, а также с фазами Луны, о чем уже упоминалось выше. Поэтому наблюдения зод. света желательно производить возможно систематичнее и в течение ряда лет.

9. Инструкция для наблюдений переменных звезд.

Переменные звезды привлекают внимание все большего круга любителей астрономии. Простота наблюдений, легкость обработки, возможность получить научно-ценные результаты, и даже больше — сделать самостоятельное открытие, — все это делает из наблюдений переменных звезд одно из любимых и продуктивных занятий, которому может посвятить свой досуг любитель астрономии.

Наблюдать переменные звезды можно даже без всякого инструмента. Бинокль, особенно призматический, уже сильно увеличит границы возможной работы, а с трехдюймовой трубой можно будет производить и высокоценные исследования значительного числа звезд, которые не только будут иметь научное значение, но и дадут заслуженную известность их автору. Главное в наблюдениях —

систематичность. Ценный и точный результат может быть получен лишь тогда, когда намеченная программа наблюдений выполняется точно и строго, не пропуская ни одной удобной для наблюдений ночи. Такая напряженность работы возможна лишь при большой любви к делу, заставляющей лишать себя сна и теплого жилища всякий раз, когда прояснившееся небо зовет к исполнению долга перед наукой. Русские любители астрономии не раз показывали пример высокого энтузиазма в своей работе. Будущее, наверно, даст нам вереницу еще более славных примеров в этом отношении. Наблюдения переменных звезд во многих случаях приобретают полную ценность лишь тогда, когда они собраны в достаточном количестве. Поэтому целый ряд задач, которые ставят перед астрономией переменные звезды, могут быть решены лишь совместными усилиями многих наблюдателей.

Со времени открытия первой переменной звезды прошло уже более 330 лет и в настоящее время число известных переменных достигло нескольких тысяч. Следить за жизнью всех этих светил не под силу астрономам-специалистам. Только армия любителей астрономии может подойти к осуществлению такой задачи. Любитель, конечно, сильно ограничен инструментальными средствами, но и в доступной ему части переменных звезд он всегда может найти себе не мало интересных, ожидающих своего решения, задач.

Основной единицей в учении о яркости небесных светил является *звездная величина*.

Если величину звезды обозначим буквой m, а ее яркость буквой A, то прежде всего имеем основное уравнение:

$$\log A = -0.4m, \qquad (1)$$

которое выражает условие, что с возрастанием яркости звездная величина уменьшается и наоборот. Из этого вытекает общепринятое понятие, что звезда 2 величины ярче звезды 3 величины, но слабее звезды 1 величины. Это же ведет и к появлению отрицательных звездных величин (Сириус — 1.6, Венера в момент наибольшей яркости — 4.4 и т. д.).

Обозначив яркости двух звезд A и B, а их звездные величины соответственно m и n, получим следующие формулы

$$\frac{A}{B} = - \rho^{m-n} \qquad (2)$$

П о г с о н предложил считать $\log \rho = 0.4$. Отсюда:

$$\log \frac{A}{B} = -0.4\ (m - n) \qquad (3)$$

и $$m - n = -2.5 \log \frac{A}{B} \qquad (4)$$

Если две звезды имеют яркости A и B и соответствующие им звездные величины m и n, то можем найти звездную величину q, соответствующую их суммарной яркости. Оставляя в стороне вывод соответствующих формул, напишем их уже в окончательном виде:

$$q = n - 2.5 \log (1 + \rho^{n-m}) = m - 2.5 \log\left(1 + \frac{1}{\rho^{n-m}}\right) \qquad (5)$$

откуда: $$m = n\ 2.5 \log (\rho^{n-q} - 1) \qquad (6)$$

Если имеем две звезды, суммарная звездная величина которых Q, а отношение яркостей равно k, то: полагая их звездные величины равными m и n, получим формулы для определения m и n:

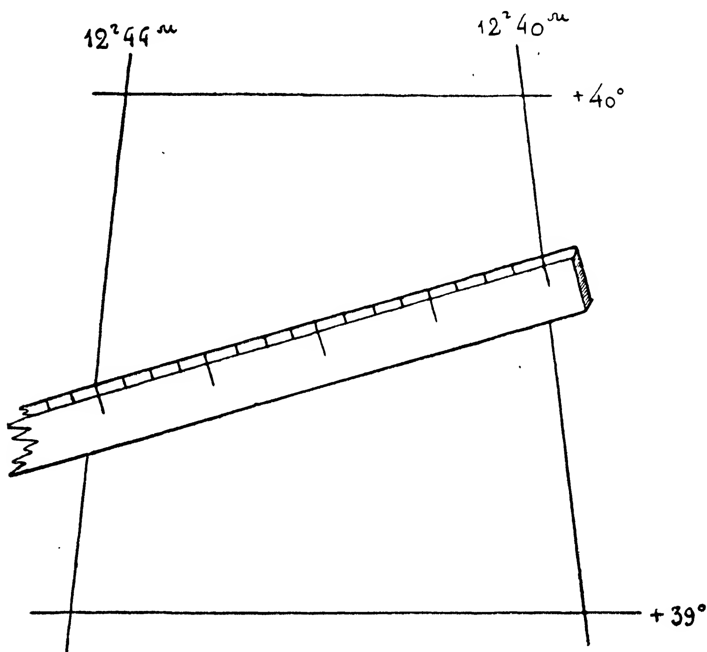
$$m = Q + 2.5 \log (1 + k) \qquad (7) \qquad\qquad n = m - 2.5 \log k \qquad (8)$$

Все звездные величины вычисляются теперь исключительно по условию П о г с о н а.

Чтобы найти переменную звезду на небе, прежде всего необходимо знать ее положение, т.-е. ее координаты α и δ. Эти величины медленно изменяются со временем вследствие прецессии. Поэтому, перед нанесением переменной на звездную карту, необходимо привести координаты звезды к тому году, по которому нанесена координатная сеть карты. Вычисления прецессии следует делать особенно внимательно, ввиду часто случающейся при таких вычислениях ошибки в знаке.

Когда координаты вычислены, нанести переменную на карту можно при помощи шкалы с достаточно мелкими делениями. Удобно пользоваться отрезком миллиметровой бумаги, но можно сделать на плотной бумаге и специальную шкалу. При этом величина делений несущественна, но очень важно, чтобы они были строго одинаковы. Самый

прием пользования шкалой заключается в следующем. Пусть координаты звезды, приведенные к эпохе карты: $\alpha = 12$ ч. 40 м. 24 с., и $\delta = 39^0\ 10'.1$. На черт. 17 представлена часть картографической сетки, заключающая указанные выше координаты. На ней нанесены линии прямого восхо-



Черт. 17.

ждения 12 ч. 40 м. и 12 ч. 44 м. и для склонения $+39^0$ и $+40^0$. Линейка накладывается косо и так, чтобы число делений, укладывающихся в измеряемом промежутке, было соизмеримо с числом единиц деления самой карты. Если, напр., положение линейки будет аналогичным тому, которое представлено на чертеже, то каждое ее деление будет соответствовать 15 с. прямого восхождения. Отсчитывая по такой шкале до десятых долей делений, получим $1\frac{1}{2}$ с. Как показал опыт, такой точности нанесения можно достигнуть лишь при самой тщательной работе с лу-

пой. Для практических целей можно ограничиться и меньшей точностью. С той же точностью получаем и склонение, а затем на пересечении обеих координат и точку, соответствующую положению звезды.

Поступая таким образом, можно отожествить на небе звезды, имеющие яркость значительно ниже предела карты, служащей для поисков переменной звезды. Правильно нанесенная на карту звезда легко узнается на небе по конфигурации, которую она составляет с более яркими и содержащимися на карте звездами.

Переменные во многих случаях могут быть узнаны еще и по цвету, так как значительная часть из них имеет красноватый оттенок.

Все это позволяет с атласом Мессера находить переменные до $7^1/_2$ величины, с большим атласом Михайлова до 9, а при помощи карт большого атласа Аргеландера значительную часть звезд до 12 величины. Конечно всего лучше иметь специальные карты, на которых нанесены и переменная и звезды, сравнимые с ней по яркости. Собрание таких карт имеется в атласе Хагена, Анналах Московской Обсерватории и других изданиях. Полные списки переменных звезд найдем также лишь в специальных каталогах. Помимо таблицы, помещенной в VI отделе, сравнительно обширные списки можно найти также в ежегодниках Русск. Астр. О-ва (см. библиографию в конце инструкции). Полный список печатается лишь заграницей, в ежегодно издаваемом: «*Katalog und Ephemeriden veränderlicher Sterne*» (ныне издается Бабельсбергской Обсерваторией. Составляется Прагером).

Обозначаются переменные звезды буквами: яркие—теми, как они даются на обычных звездных картах (по Байеру), а более слабые заглавными буквами латинского алфавита. Первая переменная в каждом созвездии обозначается буквой *R*, вторая *S* и т. д. до *Z*. Далее применяются комбинации *RR*, *RS*, *RT*..., *SS*, *ST*... и т. д. до *ZZ*, после чего переходят на комбинации из начальных букв алфавита: *AA*, *AB* и т. д. до *AZ*, *BB*, *BC* и т. д. Таким образом есть звезды: *W* Льва, *UX* Возничего, *AP* Геркулеса, *CV* Орла *V* Стрельца и пр. Существуют и другие обозначения, но они мало употребительны.

Каждая переменная звезда имеет характеризующие ее данные или элементы. К ним относятся: период, яркость в максимуме и минимуме, промежуток времени от минимума до максимума и некоторые другие, более специальные, числа.

По характеру изменения блеска переменные делятся на типы или классы. Построение кривых блеска переменных звезд особенно наглядно показывает последовательность этих изменений. Здесь, как и во многих других астрономических вопросах, графический метод является особенно полезным. Вообще говоря, существующие классификации переменных звезд являются классификациями геометрическими. Во многих случаях, однако, вид кривой так тесно связан с внутренним строением звезды, что подобные классификации имеют и физическое значение. Самой распространенной является классификация Пикеринга. К первому классу он относит так называемые «Новые» или временные звезды, ко второму — долгопериодические, к третьему — звезды с малой амплитудой и неправильными колебаниями блеска, к четвертому — звезды короткого периода: Цефеиды и Лириды, и пятому — затменные переменные типа Алголя. Кроме всех перечисленных классов всегда имеется значительное число еще неисследованных переменных, которые принято называть неизвестными (нем. *unbekannt*). Опытным наблюдателям и в особенности тем из них, которые обладают достаточными оптическими средствами, здесь открывается большое поле плодотворной работы.

Наблюдения переменных звезд до 5 величины можно производить невооруженным глазом. При достаточно остром зрении оценки в этих пределах будут достаточно точны. Для звезд от 5 до $6^1/_2$ величины достаточно будет театрального бинокля с увеличением 2 — 3 раза. Звезды $6^1/_2$— $7^1/_2$ величины уже потребуют призматического бинокля. С биноклем, имеющем большие об'ективы, с увеличением в 10 — 12 раз, можно шагнуть еще на величину дальше. С трубой 2 — 3 дюйма отверстия можно наблюдать звезды 10 величины, а чтобы наблюдать звезды 11 величины, нужна труба уже не менее 4 дюймов. Следующая табличка резюмирует сказанное.

A	m
27	$a+2.7$
54	$a+4.2$
81	$a+5.1$
108	$a+5.7$
135	$a+6.2$
162	$a+6.6$
189	$a+7.0$

В таблице: *A*—отверстие об'ектива трубы в *мм*, *m* — передельная зв. величина, доступная наблюдению в безлунную ночь, и *a* — предельная звездная величина, различимая невооруженным глазом.

Место для наблюдений должно быть достаточно открытым, но вполне защищенным от постороннего света. Всего лучше иметь будку с крышей, отодвигаемой в сторону. Такая будка даст необходимую защиту от ветра, который обычно трясет трубу, сильно понижая качество оценок. Ввиду этого установку трубы следует делать по возможности солиднее. Параллактическая установка гораздо удобнее, т. к. очень помогает находить слабые звезды. Увеличение предпочтительно небольшое, чтобы иметь достаточное поле зрения. При выборе бинокля также надо стремиться не только к светосиле, но и к возможно большему полю зрения. Сильное увеличение полезно иметь лишь на случай необходимости рассмотреть звезды, лежащие близ границы видимости при данном отверстии телескопа.

Кроме оценки яркости переменной, необходимо иметь и координату времени, т.-е. знать момент наблюдения. Если долгопериодические переменные не требуют в этом отношении особой точности, то для переменных короткопериодических, и в особенности для звезд типа Алголя, время надо знать с точностью до $^1/_2$ мин. Поэтому приступить к наблюдению таких звезд может лишь тот, у кого есть достаточно хорошие часы, ежедневно проверяемые либо кольцом Глазенапа, либо нитяным треугольником, либо, что всего лучше, приемом по радио сигналов времени. Звезды, имеющие период менее 2 суток, или Алголи с быстрым колебанием блеска около минимума, без точного времени наблюдать не имеет полного смысла.

Наблюдения переменных звезд производятся путем сравнения их с постоянными по яркости окружающими звездами. Эти звезды называются *звездами сравнения*. Для сличения яркости переменных звезд со звездами сравнения существует два основных метода: степеней, разработанного Аргеландером, и дифференциального, предложенного Пикерингом.

Метод Аргеландера состоит в следующем. По соседству с исследуемой звездой, по возможности на одинаковой с нею высоте над горизонтом, подбирают несколько постоянных по яркости звезд, составляющих по возможности постепенную градацию яркости для всей амплитуды исследуемой переменной. Из этих звезд выбирают несколько, подходящих к переменной по яркости, которую она имеет в день наблюдения, и сравнивают с ними *по очереди*. Всматриваясь на несколько секунд то в переменную, то в звезду сравнения, определяют, которая из них ярче. Если несколько повторных сравнений не дают возможности решить, которая из двух звезд ярче, то считают, что яркости звезд равны. Если же, при таких сравнениях, одна из звезд кажется ярче другой в большинстве случаев, то считают, что между ними есть разность блеска. Эта минимальная разность яркости, доступная сознанию, называется *степенью*. Величина степени колеблется от 0.3 до 0.03 зв. вел. и является довольно постоянной для данного наблюдателя. Двумя степенями оценивается разность блеска такая, которая является очевидной для наблюдателя, тремя — которая бросается в глаза с первого взгляда и т. п. Такими произвольными определениями можно было бы обусловить разность в четыре или пять степеней, но вообще разности более трех степеней уже менее постоянны и их рекомендуется избегать.

Запись наблюдений производится след. образом. Пусть v обозначает переменную звезду, а a, b и c — звезды сравнения. Положим переменная равна звезде b. Это записывается так: vb или bv. Далее, пусть переменная слабее звезды a на три степени и ярче звезды c на две степени. Это будет записано так: $a3v$ и $v2c$.

Метод Аргеландера можно несколько изменить, что сильно упрощает обработку наблюдений. Путем продолжительных упражнений можно выработать в себе навык оценивать разность блеска двух звезд непосредственно в зв. величинах. Еще Аргеландер предлагал для этого подыскать на небе ряд звезд, разность блеска которых составляет последовательно 0.1, 0.2, 0.3 и т. д. зв. вел. Путем продолжительных упражнений с такими рядами звезд можно достигнуть вполне уверенных оценок в пределах 0.4 зв. вел.

с точностью до 0.05 зв. вел. Опыт таких наблюдений на обсерватории Р. О. Л. М. и Научного Института им. Лесгафта показал, что этот метод в указанных выше пределах вполне отвечает поставленной ему цели.

Дифференциальный метод Пикеринга заключается в том, что переменная сравнивается *одновременно* с двумя звездами сравнения, из которых одна ярче ее, а другая слабее.

Яркость переменной оценивается в десятых долях интервала между постоянными звездами. Наблюдения запишутся так: если переменная v лежит как раз посредине между постоянными a и b, то: $a5v5b$ или сокращенно: $a5vb$. Если на 0.3 промежутка $a—c$ от a и на 0.7 от c, то: $a3v7c$ ($a3vc$); если v равна d, то просто: $v = d$; таким образом способ Пикеринга является чисто относительным, в чем состоит его и главнейшее преимущество, а вместе с тем и значительный недостаток.

Метод Пикеринга можно изменить след. образом. Интервал между звездами сравнения можно делить не на 10 частей, а на сколько угодно. Если интервал мал, его можно разделить только на три или на пять частей; если же интервал велик, его можно делить и более чем на 10 частей. Но вообще этот интервал не рекомендуется брать более одной звездной величины.

Обработка наблюдений, произведенная методом Аргеландера состоит в следующем. Пусть мы имеем ряд таких сравнений *) (см. табл. на стр. 381).

Сначала составим уравнения между звездами сравнения. Наблюдение № 1 дает уравнения: $\delta - \beta = 3$; $\vartheta - \beta = 2$; $\delta - \iota = 8$; $\vartheta - \iota = 7$; $\delta - \vartheta = 1$; $\beta - \iota = 5$.

Наблюдение № 2 дает уравнения: $\vartheta - \beta = 2$; $\vartheta - \iota = 8$; $\beta - \iota = 6$ и т. д.

Составив такие уравнения для всех наблюдений, мы, очевидно, получим большое число таких, у которых левая часть окажется одинаковой. В след. таблице даются полученные таким образом уравнения, где числа в столбцах представляют собою их правые части (см. табл. на стр. 381).

---

*) Из статьи С. М. Селиванова «Известия» Р.О.Л.М. 1917 Апрель.

№	Сравнения.				
1	δ3v	ϑ2v	βv	v5ι	
2		ϑ4v	β2v	v4ι	
3	δ3v		βv	v5ι	
4	δ4v		v1β	v4ι	
5			β4v	v2ι	
6			β3v	v4ι	
7	δ3v		βv	v4 — 5ι	
8	δ2v	ϑ3v	v4β		
9	δ4v		vβ	v4ι	
10	δ2—3v		v2β	v4 — 5ι	
11			β4v	vι	v2υ
12			β2v	v4 — 5ι	
13	δ4v		β1v	v4ι	
14	δ5v		β4v	vι	v4υ
15			β4—5v	v1ι	v3υ
16		ϑ5v	β1v	v3¹/₂ι	v5υ
17	δ3v	ϑ4v	v2β	v5ι	
18	δ3v	ϑ5v	v2β	v5ι	
19	δ4v	ϑ5v	vβ	v5ι	
20	δ5v	ϑ6v	β2v	v5ι	
21	δ6v		β3¹/₂v	v3ι	v5υ
22	δ5v		β2v	v5ι	

Левая часть.	Правые части уравнения.														Среднее.
ϑ — δ	—1	1	1	2	1	1									0.83
ϑ — β	2	2	7	4	6	7	5	3	4						4.44
ϑ — ι	6.5	6	8.5	9	10	9	10	11							8.75
ϑ — υ	10														10.00
δ — β	3	3	5	3	6	4	4.5	3	1	5	5	4	2.5	3	3.71
δ — ι	7.5	8	8	7.5	8	7	8	5	8	8	10	9	10		8.00
δ — υ	9	10													10.00
β — ι	4.5	4	5	3	6	7	4.5	4	2.5	4	6.5	5	4	5.5	
							4.5	3	3	5	7	6.5	7		4.84
β — υ	6	8	7.5	6	8.5										7.20
ι — υ	2	4	2	1.5	2										2.30

Вычислив средние для правых частей уравнений, получим следующую их систему.

ϑ—δ = 0.83	ϑ—ι = 8.75	δ—β = 3.71	δ—υ = 10.00	β—υ = 7.20
ϑ—β = 4.44	ϑ—υ = 10.00	δ—ι = 8.00	β—ι = 4.84	ι—υ = 2.30

Точное решение этих уравнений потребовало бы применения способа наименьших квадратов, но в огромном большинстве случаев такая строгость решения является совершенно излишней и значение величин, входящих в написанные уравнения может быть получено гораздо более простым путем. Условно положим υ равно 0, тогда наши уравнения примут вид:

$\vartheta - \delta = 0.83$	$\vartheta - \iota = 8.75$	$\delta - \beta = 3.71$	$\delta = 10.00$	$\beta = 7.20$
$\vartheta - \beta = 4.44$	$\vartheta = 10.00$	$\delta - \iota = 8.00$	$\beta - \iota = 4.84$	$\iota = 2.30$

Из последнего уравнения находим величину ι, подставляя которую в 8 уравнение, найдем β. Продолжая поступать далее таким же образом, найдем след. значения для величины звезд сравнения:

ϑ	δ	β	ι	υ
10.00	10.00	7.20	2.30	0.00
11.05	10.30	7.14		
11.61	10.88			
11.42				

Взяв среднее, получим окончательно след. их величины:

$$\vartheta = 11.02,\ \delta = 10.39,\ \beta = 7.17,\ \iota = 2.30,\ \upsilon = 0.00.$$

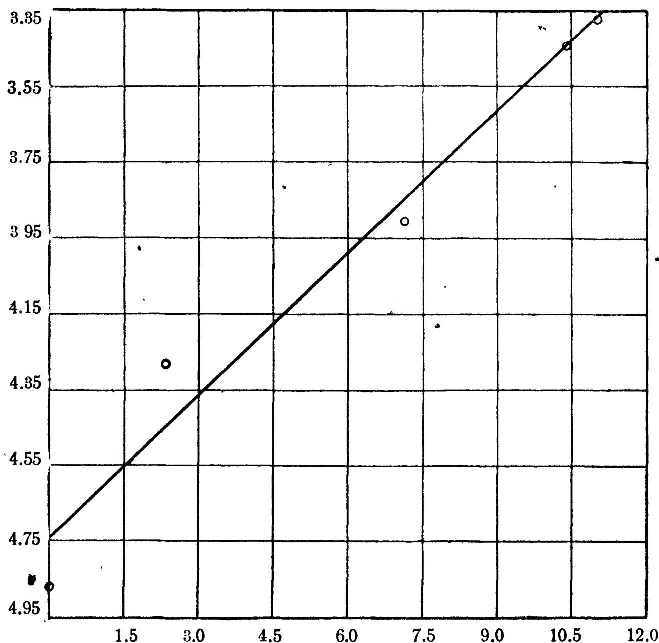
Полученная табличка называется щкалой звезд сравнения. Она выражена в некоторых произвольных величинах, называемых степенями.

Зная зв. величины для всех или хотя бы для некоторых из них, можно перевести полученные степени в зв. величины. Выписываем их из какого-нибудь звездного каталога. Пусть взятые нами звезды сравнения имеют след. яркости: $\vartheta = 3.37$, $\delta = 3.44$, $\beta = 3.90$, $\iota = 4.28$, $\upsilon = 4.86$.

Для перевода степеней в зв. величины, сделаем чертеж на миллиметровой бумаге (черт. 18). По вертикали (ось ординат) отложим зв. величины, а по горизонтали (ось абсцисс) отложим степени. Затем нанесем на чертеж точки, соответствующие всем звездам, имеющим как степени, так и зв. величины. Очевидно, что каждые из двух этих величин дадут одну вполне определенную точку на чертеже. Остается только провести плавную линию через все

полученные таким образом точки. Можно считать, что эта линия в большинстве случаев будет прямой. Построив такой чертеж, не трудно любую величину, выраженную в степенях, перевести в соответствующие им зв. величины.

Черт. 18 дает графическое построение для приведенных выше степеней и звездных величин ϑ, δ, β, ι и υ. Пользуясь



Черт. 18.

проведенной на чертеже прямой, отсчитываем по чертежу следующие звездные величины ϑ, δ, β, ι и υ: ϑ — 3.36, δ — 3.44, β — 3.85, ι — 4.45, υ — 4.74.

Эти величины уже являются *приведенными к шкале* наблюдателя. В них окончательно и выражаются яркости переменной.

Обработка наблюдений, содержащих оценки разностей блеска непосредственно в зв. величинах, весьма проста. Из звездного каталога выписываются величины звезд срав-

нения, и полученные разности прибавляются или вычитаются из них соответственно произведенным оценкам. Например, имеем оценки $a0.25v$; $v0.4b$; $c0.17v$. Если взятые в них звезды сравнения имеют соответствующие яркости: $a = 8.30$; $b = 9.02$; $c = 8.58$, то сразу получим след. яркости переменной и зв. вел. $v = 8.30 + 0.25 = 8.55$; $v = 9.02 - 0.4 = 8.62$; $v = 8.58 + 0.17 = 8.75$.

Обработка наблюдений, произведенная по способу Пикеринга, также весьма проста. Положим мы имеем наблюдения: $\alpha 7 v 3 \beta$; $\gamma 1 v 9 \beta$; $v = \delta$. Из каталога выписываем звездные величины звезд сравнения: $\alpha = 3.63$; $\beta = 4.18$; $\gamma = 3.90$; $\delta = 4.04$. Первая строка дает $v = 3.63 + 0.7\ (4.18 - 3.63) = 4.02$; вторая: $v = 3.90 + 0.1\ (4.18 - 3.90) = 3.93$ и третья $v = 4.04$, откуда среднее: $(3{,}93 + 4.02 + 4.04) : 3 = 4.00$. В этом и вся обработка.

Если звезда наблюдалась не только способом Пикеринга, но и способом Аргеландера, то прежде всего следует найти из наблюдений, произведенных по методу Аргеландера, шкалу в зв. величинах и привести к ней наблюдения, произведенные по способу Пикеринга.

Как только яркость переменной выражена в степенях или зв. величинах, можно приступить к выводу кривой ее блеска. Этот вывод легче всего получить графическим способом. Для такого графика берется бумага с прямоугольно разграфленными линиями. В горизонтальном направлении обыкновенно отчитывают время, а в вертикальном яркость. Достаточная показательность полученной кривой и удобство дальнейших выводов во многом зависят от умело выбранных как вертикального, так и горизонтального масштабов. По кривой, слишком растянутой в горизонтальном направлении трудно отсчитать время наступления максимума и минимума. Наоборот, при чрезмерно увеличенном вертикальном масштабе, точки, соответствующие отдельным наблюдениям, будут слишком разбросаны, что сильно затруднит проведение кривой.

Каждому наблюдению будет соответствовать одна точка на чертеже. В случае изменения яркости не очень короткого периода, ряд таких точек обыкновенно сразу же даст возможность провести по ним вполне определенную кривую. Такая кривая называется *простой* в отличие от *средней*,

о которой будем говорить ниже. Кривая обычно проводится на глаз; при этом руководствуются двумя соображениями. С одной стороны, кривая должна быть проведена по возможности плавно, а с другой — проходить возможно ближе к точкам, определяющим наблюдения. К этой задаче можно подойти и теоретическим путем при помощи т. наз. гармонического анализа.

Важнейшими частями кривой являются ее вершины, соответствующие максимуму и минимуму блеска переменной. Существует много способов определять место этих точек на чертеже. Простой, и весьма употребительный способ предложен Погсоном. Он заключается в следующем: берут ряд горизонтальных хорд, пересекающих кривую близ ее вершины, и делят их все пополам. Затем, через полученные таким образом точки, проводят кривую (может случиться, что она будет и прямой) до пересечения с кривой блеска переменной. Точка этого пересечения и будет искомой. Она даст нам возможность отсчитать по сетке время наступления максимума или минимума и их яркость. Полученные моменты называют *эпохой максимума или минимума* блеска переменной. Счет времени ведется по юлианским дням.

Когда мы имеем дело с периодической переменной, то можем все наблюдения свести к одному периоду и построить так называемую *среднюю* кривую. Для решения этой задачи мы должны прежде всего вычислить эфемериду переменной, т.-е. по известной эпохе минимума (или максимума) и данному периоду составить таблицу времени наступления всех минимумов (или максимумов) в данном промежутке. Имея такую эфемериду, мы легко можем рассчитать *возраст* каждого наблюдения, т.-е. время, протекшее от ближайшего предыдущего минимума (или максимума) до момента наблюдения. Так. обр. каждая оценка яркости переменной может быть изображена на чертеже точкой, абсцисса которой есть возраст, а ордината—зв. величина. При большом числе наблюдений проводить кривую по всем точкам затруднительно и потому лучше об'единить их в группы. Эта часть работы является очень ответственной, так как от той или иной группировки наблюдений сильно зависит вид средней кривой.

При группировке можно держаться различных принципов. Во-первых, по многим соображениям, рационально разбить весь период на *равномерные по времени* части. Это даст возможность строить кривую не только графически, но и аналитически при помощи гармонического анализа. Во-вторых можно делить на группы, содержащие по одинаковому числу наблюдений. Это даст *равновесные,* одинаковой точности, средние точки. В-третьих, для избежания заглаживания, желательно около точек максимума и минимума, особенно если они острые, брать группы возможно с более тесными временными границами. Существует ряд и других соображений, создающих из разбивки наблюдений, на группы довольно сложную, но к сожалению не вполне определенную задачу. Разбитые на группы наблюдения суммируются и из них вычисляются средние арифметические, как по возрасту, так и по яркости. Полученные таким образом величины, дают *средние* точки кривой. Проведенная по ним кривая уже будет содержать результаты всех наблюдений, сведенных к одному периоду. Это и есть *средняя кривая.* Точки ее вершин дают эпохи *нормального мининума* и *нормального максимума.* В виду того, что по международному соглашению все моменты выражаются по мировому (Гриничскому) времени, то эпохи следует привести к показанию часов, идущих по этому времени.

Движение Земли вокруг Солнца вносит в моменты минимумов (или максимумов) неравенства, зависящие от положения Земли на орбите относительно переменной звезды. Так как свету нужно более восьми минут, чтобы достигнуть от Солнца до Земли, то этим неравенством нельзя пренебрегать в тех случаях, когда моменты учитываются с точностью большей 8 минут. Во всех таких случаях делают приведение времени наблюдений к центру Солнца. Это приведение вычисляется по формуле:

$T_{\odot} - T_E = -8.308 \cos\beta \cos(\odot - \lambda)$, где λ долгота и β широта переменной звезды, $\odot$ геоцентрическая долгота Солнца, 8.308 — число минут, в течение которых свет проходит от Солнца до Земли, $T_{\odot}$ — момент явления, наблюдаемый и центра Солнца, T_E — тоже из центра Земли. $T_{\odot} - T_E$ получим в минутах. При большом числе наблюдений не нужно вычислять $T_{\odot} - T_E$ для каждого наблю-

дения, а вычислив ряд значений этой разности, построить график, которым и пользоваться.

При очень коротком периоде (менее 2 суток) приведение к Солнцу нужно делать для каждого наблюдения; в случае же более длинного периода к центру Солнца достаточно привести лишь полученные нормальные эпохи.

Нормальная эпоха позволяет уточнить период переменной звезды, если ее период уже известен. Для этого следует сравнить полученную нормальную эпоху с ближайшим моментом по эфемериде. Обычно получается некоторая разница, которая называется *поправкой эфемериды*. Если P_0 — период переменной, n — число периодов, протекших от нулевой эпохи до эпохи, полученной из наблюдений, а q — поправка эфемериды, то по этим данным мы можем найти новый исправленный период P, по формуле:

$$P = P_0 + \frac{q}{n}.$$

Задача сильно осложняется, если период переменной еще неизвестен. Если есть основание полагать, что период короток, то определить его всего проще и быстрее путем непрерывных наблюдений в течение 8 — 12 час. Наблюдая таким образом несколько ночей подряд, можно сразу же выяснить величину периода с точностью до 2 — 3%. Новые эпохи максимумов или минимумов, полученные через 2 — 3 месяца, дадут возможность уточнить период до 3 или 4 десятичных знаков.

Таким же образом можно определить и период долгопериодической переменной с той лишь разницей, что ее придется наблюдать не 2 — 3 месяца, а несколько лет, производя наблюдения по возможности не реже, чем два раза в неделю.

Если наблюдениями установлены отдельно лежащие эпохи максимума или минимума яркости, то период может быть подыскан или из аналитических соображений или графическим путем.

Задача нахождения периода по отдельным точкам максимума или минимума вообще говоря неопределенна. Но число решений сильно ограничивается, во-первых, количе-

ством точек, а во-вторых, физическими условиями, налагающими на величину периода высший и низший его пределы.

Пусть мы имеем три эпохи: T_1, T_2, T_3; величину периода будем подыскивать след. обр. Образуем разности: $T_2 - T_1 = A$, $T_3 - T_2 = B$. Так как период должен содержаться в A и B целое число раз, то он, очевидно, не более общего наибольшего делителя A и B, т.-е.

$$P = \frac{\text{Общий наибольший делитель } A,\ B,\ C\ldots.}{1 \text{ или } 2 \text{ или } 3 \text{ или} \ldots\ldots}$$

Максимальное значение знаменателя диктуется соображениями о минимально возможном периоде. Найдя таким образом несколько возможных, удовлетворяющих наблюдениям, периодов, надо продолжить наблюдения, ориентируя их по этим периодам. Такие наблюдения, обычно, довольно быстро приводят к нахождению истинного периода переменной, чем и решается поставленная задача.

То же самое решение может быть весьма быстро и просто получено нижеследующим графическим построением. Пусть мы имеем несколько определенных из наблюдений моментов максимума или минимума T_1, T_2, T_3... На большом листе миллиметровой бумаги отложим в горизонтальном направлении (по оси абсцисс) в подходящем масштабе, моменты, соответствующие T_1, T_2, T_3 и представим их ввиде вертикальных линий во всю ширину чертежа. Затем возьмем хорошо разделенную на миллиметры линейку такой длины, чтобы она была не менее диагонали чертежа. Самый прием разыскания периода будет следующий.

Берем линейку и накладываем ее на чертеж. Придавая линейке различный наклон относительно оси абсцисс, найдем такие ее положения, при которых все начерченные вертикальные линии (соответствующие моментам T_1, T_2, T_3,..) будут в пределах ошибок T_1, T_2, T_3,... совпадать с делениями линейки. Когда такое положение достигнуто, максимальный из всех возможных периодов получается следующим простым расчетом.

Считается число делений линейки в каком-нибудь промежутке $T_{m+1} - T_m$ и соответствующее ему число делений в горизонтальной сетке. Их отношение сразу дает одно из

значений периода. Чтобы определить, является ли это значение бо̀льшим из возможных, надо убедиться, нет ли у промежутков $T_3 - T_2$, $T_2 - T_1$ и т. д. общего наибольшего делителя, отличного от единицы. Если общий наибольший делитель существует и равен k, то наибольший из возможных периодов будет в k раз больше найденного выше. Период, полученный таким образом, выразится в делениях и, следовательно, чтобы получить его в днях, надо умножить на цену деления.

Выражая то же математически, скажем: если через A, B, C... обозначим число делений по оси обсцисс, а A_0, B_0, C_0... число делений на линейке, то

$$\frac{A_0}{A} = \frac{B_0}{B} = \frac{C_0}{C} \ldots = P_0$$

Если k — общий наибольший делитель A, B, C, то: $P = kP_0$.

Пример: Даны эпохи T_1 — 2424510; T_2 — 2424802 и T_3 — 2424908. Требуется определить вероятный наибольший период.

Строим чертеж в масштабе миллиметр равен одному дню.

Манипулируя линейкой, как указано выше, найдем такое ее положение, при котором $T_2 - T_1 = 320 = 116\,B$: но $T_2 - T_1 = 292 = A_0$, то есть $A_0/A = 0.9125$; но 320 и 116 имеют общий наибольший делитель 4, т. е. $P_{max} = 0.9125 \times 4 = 3.65$.

При более грубом совпадении получается: $A_1 = 360$ и $B_1 = 130$ откуда, имея: $k = 10$ и $A_0/A_1 = 0.812$, получим $T_{max} = 8.12$.

Обработку наблюдений переменных звезд в настоящее время производят: Русское Общ. Люб. Мир. — Ленинград, ул. Союза Печатников, 25-А, кв. 45, Коллектив Наблюдателей Моск. Общ. Люб. Астр. — Москва, 35, Соф. наб., 8, кв. 6, П. П. Паренаго, и Нижегородский Кружок Люб. Физ. и Астр. — Н.-Новгород, почт. ящ. № 24. В эти организации и следует посылать наблюдения для обработки.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Проф. *С. П. Глазенап*. «Друзьям и любителям астрономии». В этой популярно написанной книжке есть специальная глава, посвященная переменным звездам.

2. *К. Д. Покровский.* «Путеводитель по небу». В главе XIX этой книги дается инструкция для наблюдений, списки переменных и звезд сравнения.

3. *Ежегодники Рус. Астр. Об-ва* за 1914—1917. Перед списками переменных дана хорошо написанная краткая инструкция для наблюдений.

4. *Ежегодники Рус. Астр. Об-ва* за 1922 и 1923. В этих ежегодниках даны списки переменных и звезд сравнения, доступных небольшим инструментам. Яркости звезд сравнения даны по Гарвардской фотометрии (*Harvard Revised Photometry*).

5. *Ежегодник Рус. Астр. Об-ва* за 1919. В этом ежегоднике найдем самый полный список переменных звезд из имеющихся в русской литературе.

6. Известия Рус. Астр. Об-ва. Выпуск I 1892. Статья проф. *С. П. Глазенапа.* «О наблюдении переменных звезд».

7. Известия Р. О. Л. М. апрель 1917. Статья *С. М. Селиванова*: «Визуальные наблюдения переменных звезд и обработка наблюдений». В этой статье между прочим изложен способ наименьших квадратов в приложении к обработке наблюдений переменных звезд.

8. «Мироведение» 1925. № 2. Статья *С. М. Селиванова.* «Азбука наблюдателя переменных звезд». В этой статье даются элементарные сведения о переменных звездах и средствах наблюдений над ними.

9. «*Труды секций Р. О. Л. М.* вып. II». Кривые яркости β Лиры, η Орла и δ Цефея. В этой статье дана обработка трех коротко-периодических переменных, могущая служить образцом для подобной же работы.

10. «*Астрономический Бюллетень Б. Н. Н. Р. О. Л. М.* №№ 1—22. В этих бюллетенях дается обширный наблюдательный материал текущего характера.

11. «*Бюллетень Коллектива Наблюдателей М. О. Л. А.*» Текущие сведения по переменным звездам.

12. *Schiller.* «*Einfuhrung in das Studium der veränderlichen Sterne*». Прекрасное и полное руководство для наблюдателя переменных звезд. Издано в 1923 в Лейпциге на немецком языке.

13. «*Переменные звезды* (Veränderliche Sterne) — научно-исследовательский и информационный бюллетень, изд. Ни-

жегородского Кружка Люб. Физ. и Астр. Выпускается 8—10 №№ в год. Бюллетень публикует результаты обработки наблюдений и информационные сведения, пользуясь заграничными и русскими материалами.

14. *Русский Астрономический Календарь* (переменная часть). Ежегодно даются списки звезд сравнения, по Гарвардской шкале и эфемериды для долгопериодических и затменных переменных.

10. Инструкция для наблюдений цвета звезд.

Из всех предложенных способов определения цвета звезд широкому кругу наблюдателей доступен только способ визуальных оценок. Наиболее рациональной и легко запоминаемой можно считать приведенную ниже шкалу Хагена*).

Балл.	Букв. обозн.	Цвет.	Балл.	Букв. обозн.	Цвет.
—1	*BW*	голубовато-белый	5	*YO*	желтовато-оранж.
0	*W*	белый	6	*O*	оранжевый
1	*YW*	желтовато-белый	7	*RO*	красновато-оранж.
2	*WY*	беловато-желтый	8	*OR*	оранжево-красный
3	*Y*	желтый	9	*R*	красный
4	*OY*	оранжево-желтый	10	*SR*	темно-красный

В след. таблице приведены типичные звезды с цветом от —2 до 8, выбранные из большого каталога Хагена**).

---

*) Для буквенного обозначения служат начальные буквы английских названий цветов: *B* (*blue* — синий), *W* (*white* — белый), *Y* (*yellow* — желтый), *O* (*orange* — оранжевый) и *R* (*red* — красный). Шкала может быть продолжена вверх до балла — 3 для обозначения голубого цвета.

Сопоставление главнейших цветовых шкал см. в статье Г. А. Тихова «Главнейшие способы определения цвета звезд», в Рус. Астр. Кал., вып. XXXI на 1928.

**) *Specola Astronomica Vaticana*, III, 1911.

Название звезды или координаты на 1900.	Велич.	Цвет.
ν Близнецов	4.1	3
	8.2	—2
β Лебедя	3.2	6
	5.4	—2
19 ч. 57.5 м. + 24° 31′	5.8	—2
23 17.7 + 20 16	6.2	—2
3 6.3 + 26 53	5.6	—1
5 21.3 + 17 53	5.3	—1
ι Рака	4.2	6
	6.6	—1
12 30.1 + 18 56	5.2	6
	6.7	—1
q Геркулеса	5.9	—1
20 2.5 + 23 19	5.1	—1
υ Андромеды	4.4	0
5 20.2 + 34 18	5.8	0
η Б. Медведицы	1.9	0
κ Геркулеса	5.5	0
σ Овна	5.5	1
τ Девы	4.3	1
c Геркулеса	5.4	1
α Лиры	0.1	1
α Орла	0.9	1
ε Кассиопеи	3.4	2
π^4 Ориона	3.8	2
α Малого Пса	0.5	2
α Льва	1.3	2
β Б. Медведицы	2.4	2
γ М. Медведицы	3.1	2
ζ М. Медведицы	4.3	2
α Лебедя	1.3	2
β Треугольника	3.1	3
η Тельца	3.0	3
π^1 Ориона	4.7	3
σ Волопаса	4.5	3
ω Геркулеса	4.5	3
γ Лебедя	2.3	3
ε Цефея	4.2	3

Название звезды или координаты на 1900.	Велич.	Цвет.
α Треугольника	3.6	4
π^3 Ориона	3.3	4
α Б. Медведицы	2.0	4
α Волопаса	0.2	4
η М. Медведицы	5.0	4
α Стрелы	4.4	4
δ Дельфина	4.5	4
α Овна	2.2	5
γ Тельца	3.9	5
α Ориона	0.9	5
ε Девы	3.0	5
ε М. Медведицы	4.4	5
ι Цефея	3.7	5
γ Цефея	3.4	5
δ Андромеды	3.5	6
δ Овна	4.5	6
δ Возничего	3.9	6
ε Близнецов	3.2	6
σ Близнецов	4.3	6
ψ Б. Медведицы	3.2	6
ω Волопаса	4.9	6
ξ Сев. Короны	4.7	6
δ Стрелы	3.8	6
ζ Цефея	3.6	6
δ Рыб	4.6	7
π Возничего	4.6	7
A Льва	4.6	7
θ М. Медведицы	5.3	7
ν Сев. Короны	5.3	6
	5.4	7
g Геркулеса	5.0	8
θ Дельфина	6.1	8
μ Цефея	пер.	7.9*)

*) У Хагена этой звезды нет; по Остгофу она имеет цвет 7.9.

Для наблюдения цвета звезд удобнее всего пользоваться зеркальными телескопами или рефракторами с хорошо ахроматизированными об'ективами (напр., тройной апохромат). Из обыкновенных двухлинзовых об'ективов пригодны только об'ективы малые и средние (от 2 до 8 дюймов), так как хроматическая аберрация больших об'ективов делает цвета звезд весьма однообразными.

Мы советуем прежде всего внимательно пронаблюдать некоторое число звезд приведенного здесь списка и убедиться в том, соответствуют ли указанные цвета тому, что видит наблюдатель, ибо сравнение наблюдений даже таких авторитетов, как Остгофф, Крюгер и Хаген обнаруживает в их оценках различия до 2 единиц. Выбрав затем из списка по одной или по две особенно типичных звезды каждого цвета, следует наблюдать их возможно часто, для тренировки глаза.

Чтобы не осложнять дела, лучше приучить свой глаз к шкале приведенного списка, чем создавать собственную шкалу.

Вследствие избирательного поглощения света в земной атмосфере цвет звезд меняется с изменением их высоты над горизонтом. К тому же, вследствие мерцания, цвет звезд вблизи горизонта непрерывно колеблется. Поэтому, для получения сравнимых результатов, следует наблюдать звезды на высоте не меньше 20^0, а при необходимости наблюдать ближе к горизонту следует вводить в результаты поправку, которую наблюдатель должен сам определить из наблюдений. При сильном мерцании определение цвета звезд на малых высотах невозможно.

Для начала можно наметить следующие задачи.

1) Определение изменения цвета переменных звезд, особенно цефеид, в зависимости от фазы их яркости.

2) Определение изменения цвета звезд с изменением их зенитного расстояния.

3) Многие наблюдатели отмечали, что цвет звезд меняется с приближением к ним Марса. Поэтому, для выяснения этого интересного обстоятельства, следует внимательно наблюдать цвет звезд, мимо которых проходит Марс. Оценки надо делать как при одновременном нахождении в поле зрения звезды и планеты, так и выводя планету из поля зрения.

11. Инструкция для наблюдений геофизических явлений, имеющих значение для астронома-любителя.

Во многих случаях астроному приходится иметь дело не с одними только чисто астрономическими явлениями, но так или иначе приходится сталкиваться с явлениями другой области—*геофизической*, в частности, с явлениями, относящимися к нашей земной атмосфере, т. е. с *метеорологией*.

Первый ряд метеорологических явлений занимает как бы среднее место между чисто астрономическими и геофизическими. Зависимость магнитных бурь и полярных сияний от состояния солнечной деятельности давно известна. Теперь устанавливается зависимость хода солнечной постоянной, определяемой актинометрами на метеорологических обсерваториях, от хода солнечных пятен. Распределение гроз по поверхности земного шара также, повидимому, стоит в тесной связи с солнечной деятельностью. Образование перистых облаков, их радиация, появление галосов и др. атмосферные явления имеют известное соотношение с явлениями на Солнце. Выяснение этих зависимостей, однако, нуждается в накоплении достаточно полных и обстоятельных материалов, в собирании которых требуется участие массового наблюдателя, коллективные наблюдения. Любитель астрономии в этом случае может принести большую пользу, расширив свой астрономический кругозор в сторону этой области метеорологии. Свечение ночного неба также затрагивает область геофизики, имея существенное значение для изучения высших слоев атмосферы. Серебристые облака могут вызываться космической пылью.

Астроному-теоретику и вычислителю во многих случаях уже необходимо принимать в расчет рефракцию, а для астронома наблюдателя на первом плане среди факторов, которые ему приходится учитывать в своей работе, стоит состояние атмосферы, — главного врага астрономов, по выражению одного из них, — а это в свою очередь влечет необходимость знать главные свойства атмосферы и происходящие в ней явления. Отсюда вытекает необходимость

в изучении прозрачности атмосферы и влияния тех или иных происходящих в ней процессов на качество телескопических изображений. Немаловажной, наконец, для астронома-наблюдателя является возможность по тем или иным признакам судить о предстоящей погоде — насколько она может повлиять на его предположенные работы.

Наконец, к третьей группе явлений можно отнести такие, которыми многие из астрономов-наблюдателей, замечая их во время своих работ, могут заинтересоваться и наблюдать их затем систематически. Сюда войдут многие уже чисто метеорологические явления, напр., атмосферная оптика, облака и т. д. Большое значение здесь может иметь то обстоятельство, что астрономы, наблюдая в ночное время, будут замечать многие явления, которые ускользнули бы от других наблюдателей, работающих главным образом в дневные часы.

Ниже приводятся краткие указания для таких наблюдений, которые астроном, заинтересовавшийся теми или другими из указанных областей геофизических и метеорологических явлений, может производить без ущерба для своей прямой деятельности, а во многих случаях даже попутно со своей работой.

В конце статьи приводится литература, по которой желающие могут более подробно ознакомиться с теми отделами метеорологических и геофизических наблюдений, которые они найдут для себя интересными.

I. Полярные сияния. При наблюдениях полярных сияний необходимо обратить внимание на их форму, место развития явления по странам света, яркость, цвет и его изменения, строение, и указать направление переливов света или движения столбов к востоку или западу от точки севера.

Если весь сегмент или дуга сияния перемещается к западу или востоку, то степень и время этого перемещения по азимуту также следует отметить.

Рекомендуется различать следующие фазы сияний: 1) дуги сияния в виде арки или радуги; 2) ленты или полосы — строение дуг или полос может быть троякое—расплывчатое, лучистое и полосатое; 3) вихри — переливы света в лентах с перемещением самих лент; 4) драпировки —

сияния в виде колеблющейся материи в складках; 5) корона — сияние в виде лучей, сходящихся в зените в виде абажура; 6) лучи и столбы — сияния в виде пучков света, идущих в вертикальном направлении; 7) подобие облаков и пятен и 8) рассеянный свет. Напряженность сияния следует отмечать по 5-бальной шкале: 5 — сияние выдающейся яркости, 4 — яркие, 3 — средней яркости, 2 — слабые и 1 — едва заметные.

Такая оценка яркости предлагается в соответствии с обычной метеорологической, где меньшей цифрой характеризуются слабые явления, а большей сильные. В некоторых прежних инструкциях оценка полярных сияний предлагалась наоборот: 5 — слабое, 1 — самое яркое.

Важно точно указать время отдельных выдающихся фаз, отмечать высоту дуги и верхних концов столбов над горизонтом, измеряя угломерным прибором, или по положению звезд. Обращать внимание — нет ли перистых облаков во время сияния или около этого времени, не перестраивались ли они или не меняли ли свою форму, не было ли их радиации (см. ниже). Какое состояние атмосферы и погоды было после сияния.

Во время сияния происходят магнитные бури, когда стрелка компаса дрожит и не может успокоиться, но чтобы подметить это явление, нужна хорошая и большая буссоль, а не простой карманный компас. Впрочем, даже поморы заметили, что на „пазорях“ (сияниях) „матка“ (компас) дурит. Не мешает справляться в местной телеграфной конторе, не замечалось ли каких-либо неправильностей в действии телеграфа во время сияния, и в чем они выражались. Такие отметки можно находить даже впоследствии в телеграфных дневниках, ведущихся на станциях. Там, где есть радио-установки, интересно наблюдать, не было ли заметно каких-нибудь особых шорохов в радио-приемниках. Все подобного рода наблюдения всем доступны, но отмечаются, к сожалению, чрезвычайно редко.

II. Грозы и зарницы. На метеорологических станциях ведутся подробные наблюдения такого рода. Для любителей астрономии можно рекомендовать упрощенные записи, просто тех чисел и дней, в которые они подметят грозы или зарницы. Указания на то, были ли это грозы близкие

или отдаленные, также желательны. Если в течение дня наблюдалось несколько гроз, то желательно отметить, сколько именно. Сила грозы отмечается по трехбальной шкале (0,1 и 2 — слабая, средняя и сильная). Если гроза произошла ночью, то предпочтительнее относить ее к тому числу, на которое пришлась большая ее часть, если грозу пришлось самому видеть. В противном случае можно просто указать, что гроза наблюдалась в ночь с такого-то на такое-то число (напр., в ночь с 5 на 6 августа).

В особенности желательны подробные наблюдения над грозами, случающимися поздно осенью или очень рано весною, а иногда и среди зимы во время вьюг и метелей. Особенные явления в грозах вроде шаровых молний или огней св. Эльма (бесшумное истечение электричества на крестах колоколен, мачтах, остриях громоотводов, мачт радио и пр.) желательно описывать подробно. При описании шаровых молний важно указывать диаметр шара и его окраску. Важно подробно описывать характер повреждений от грозы.

III. Серебристые или светящиеся облака. Эти облака, по виду хотя и напоминают перистые, но ничего общего с ними, повидимому, не имеют, так как являются продуктом или вулканических извержений, или даже космического происхождения. Они плавают на высоте 80 *км* *). Наблюдаются они обычно в средних широтах около эпохи летнего солнцестояния, не раньше мая и не позже середины августа нов. ст.; до сих пор их видели в северной части неба, около полуночи, очень низко (за исключением редких случаев) над горизонтом. Все это надо твердо помнить, чтобы не смешать их с обыкновенными перистыми, освещенными ночью Солнцем. *Самое же главное отличие серебристых от обычных перистых состоит в том, что первые бывают видны исключительно в области освещенного сумеречного сегмента, и, выходя за пределы его, становятся невидимыми.* На фоне же сегмента они кажутся светящимися, ярче самого сегмента, тогда как обыкновенные перистые на светлом фоне сегмента стано-

---

*) Самые высокие перистые наблюдались не выше 17 *км* над поверхностью Земли.

вятся темными, за пределами же его, на темном небе, наоборот, кажутся серебристо-освещенными. Структура настоящих серебристых облаков более тонка, чем у перистых и часто замечается серебристость или волнистость в расположении групп волокон. Вообще явление напоминает отчасти полярное сияние, с которым также не следует его смешивать, в особенности, если во время сияния наблюдаются перистые облака. От сияния явление светящихся облаков отличается полным спокойствием форм и отсутствием магнитного возмущения.

При наблюдениях серебристых облаков важно отметить направление их движения, изменение яркости, описать форму, время начала и конца явления. Интересно зафотографировать явление, для чего следует брать фотографические пластинки очень высокой чувствительности; экспозиция зависит от чувствительности пластинок и светосилы об'ектива; предпочтительнее широкоугольные и светосильные об'ективы; при сравнительно ярких облаках наилучшая экспедиция 1 — 2 минуты; при более слабо выраженном явлении—до 10 минут; рекомендуется делать несколько снимков с различной выдержкой.

IV. Местные признаки погоды. Предсказание погоды является первой и основной и вместе с тем чрезвычайно трудной задачей метеорологии. После возникновения синоптической метеорологии, которая основана, как известно, на изучении сводных карт одновременных наблюдений, произведенных в большом числе пунктов и на больших пространствах, можно было думать, что вопрос о предсказании погоды, по крайней мере для ближайшего будущего, близок к разрешению. Однако опыт скоро показал, что один этот метод не может дать достоверных предсказаний даже на сутки вперед, не говоря уже о более длительных прогнозах, и в последнее время снова обращено значительное внимание на так называемые *местные признаки погоды*.

Под этим названием подразумеваются те признаки, которые можно заметить или определить, не выходя из пределов пункта наблюдения, а также такие, которые являются типичными и действительными лишь для данного определенного района. Второй пункт, конечно, касается

лишь значения признаков для прогноза погоды, т. к. явления сами по себе будут, конечно, везде одни и те же.

Местные признаки погоды делятся на 1) общие метеорологические, 2) оптические, 3) акустические, 4) физиологические и 5) особенные.

1) *Метеорологические признаки* заключают в себе все обычные метеорологические элементы как-то: температура, влажность, облачность *), осадки, давление, ветер. Для целей прогноза погоды особенно важен *ход* этих элементов. Так, напр., если температура в ясные дни имеет резко выраженный суточный ход, т.-е. падает ночью и повышается днем, то ждать немедленного ухудшения погоды нет оснований, если же наоборот, температура при безоблачном небе к вечеру не падает или падает незначительно, то надо ждать ухудшения погоды уже на следующий день. Если во время дождя, особенно осенью, температура обнаружила тенденцию на понижение — ждать перелома погоды и прояснения неба через 6—12 часов. Так как ход влажности (относительной) в большинстве случаев обратен ходу температуры, то с этой стороны мы можем подойти на основании только что сказанного о температуре. Ненормально возростающая влажность в теплый летний день указывает на возможность обильных осадков и гроз.

Осадки, являясь заключительным явлением длительного процесса конденсации, сами по себе дают мало, как признак погоды. Гораздо большее значение имеет ход давления воздуха. С хорошим анероидом, а в особенности с барографом, воссоздание синоптического распределения вокруг места наблюдения значительно облегчается и уточняется. Совместные наблюдения облачности, давления и ветра — вот то ядро местных метеорологических признаков, на основании которых можно делать предсказания почти с такой же степенью точности, как и по обычной синоптической карте. Для примера приведем такой типичный случай. Лето. Ясное прохладное утро. Днем очень тепло. Появляются легкие *cirrus*'ы, тянущиеся рядами, чаще

*) На облака, особенно перистые, за последнее время обращено большое внимание. Ввиду этого вопрос этот выделен в особую заметку (см. след. инструкцию).

всего с *NW* на *SE*; облака эти понемногу уплотняются, появляются *cirro-stratus*'ы и, наконец, пелена сплошных облаков закрывает понемногу все небо. Появляется ветер, обычно южных румбов, который, постепенно усиливаясь, поворачивает к западу. Давление падает, при чем его перелом наступает несколько раньше появления первых облаков типа *cirrus*'ов. Такой ход перечисленных метеорологических элементов говорит нам, что вероятна на 85% дождливая и ветреная погода в течение ближайших 24 часов.

2) *Атмосферные оптические явления.* Явления эти очень разнообразны и число видов их чрезвычайно велико. Отметим только главнейшие.

Видимая форма небесного свода — сплюснутость его и даже различие этой формы в разное время в зависимости от состояния атмосферы и даже различие в кажущейся величине светил и созвездий у горизонта и выше может иметь значение для глазомерной оценки размеров болидов и длины их путей, напр., в сумерки и днем, когда еще нет возможности определять эти величины по длинам созвездий. Об определении формы небесного свода по кажущейся величине созвездий см. заметку М. Касаткина в „Изв. Р. О. Л. М.“, 1917 № 2.

В тесной связи с вопросами о преломлении света в атмосфере стоит точное исследование рефракции, имеющей такое громадное значение для измерения положений светил, которая тем не менее не может считаться окончательно изученной. К этой группе можно отнести аномальную рефракцию, понижение горизонта, мираж, зеленый луч.

Громадное значение для астрономов имеет изучение прозрачности воздуха, как чисто метеорологической, зависящей гл. обр. от состояния нижних слоев атмосферы, ее запыленности, влажности, спокойствия и т. п., так и более широко-геофизической, зависящей от атмосферных аномалий, происходящих от распространения в атмосфере вулканической пыли, напр. в 1884—86, 1902—02, 1912—13. Об изучении качеств телескопических изображений и учете ясных ночей и вечеров можно узнать из заметки С. В. Муратова в Рус. Астр. Кал. 1925.

Близко к этим явлениям можно поставить синеву неба и мерцание звезд, которым, равно как и упоминавшемуся

уже зеленому лучу, посвящены многие продолжающиеся и по сие время работы Г. А. Тихова.

Существенную роль для предсказания погоды по местным признакам может иметь изучение *связи качеств изображений Солнца с переменами погоды.* В литературе неоднократно упоминалось, что волнение этих изображений при наблюдениях в телескоп является признаком приближения циклона за несколько часов до появления перистых облаков. Явление это очень мало изучено и наши наблюдатели Солнца могли бы многое сделать в этом отношении.

Подобным же признаком перемены погоды могли бы быть некоторые явления из области поляризации света, напр. *пучки Гайдингера*, которые можно наблюдать и без приборов, простым глазом (см. статью И. И. Тихановского „Мироведение", 1922, № 2).

Далее имеют значение наблюдения: а) венцов около светил—Солнца, Луны и звезд. Особенно интересны последние — вокруг наиболее ярких звезд и планет — по их малому радиусу, который при Солнце и Луне покрывался бы их диском; б) кругов и световых пятен около Солнца и Луны—т. наз. галосов; по разнообразию их видов, красоте и блеску, в котором они иногда появляются и, т. к. многие виды их еще далеко не изучены, они представляют один из интереснейших отделов атмосферной оптики: можно еще отметить иризацию облаков (радужную окраску, появляющуюся иногда, когда облака находятся вблизи диска Солнца или Луны; в) виды зари и вообще сумеречных явлений; здесь можно отметить, помимо общих явлений еще сумеречные венцы — светлые и темные полосы, исходящие иногда от места захода Солнца, на подобие веера. Особенно следует обратить внимание помимо значения этого рода явлений, как местного признака погоды, еще на явление аномальных зорь в указанные уже выше эпохи общих атмосферных аномалий; г) радуги; здесь можно упомянуть, что, напр., лунные радуги, считающиеся очень редкими, повидимому не так редки, и внимательный наблюдатель может вполне рассчитывать их увидеть. Обращать внимание следует еще на преобладание того или иного цвета в радуге, на дополнительные дуги, красные и белые радуги.

С областью атмосферной оптики близко соприкасается ранняя видимость серпа Луны после новолуния, дневная видимость Венеры и звезд из глубоких колодцев, ущелий и т. д.

3) *Акустические признаки* немногочисленны: к ним относятся слышимость отдаленных звуков и избирательная звукопрозрачность воздуха, т.-е. лучшая слышимость звуков той или иной высоты. Усиление слышимости обычно имеет место в устойчивую погоду к вечеру. Какое-либо нарушение этого нормального хода указывает на возможное ухудшение погоды. Избирательное поглощение звука еще совершенно не исследовано.

4) *Физиологические признаки.* Несмотря на то, что они общеизвестны и, так сказать, банальны, тем не менее научно очень мало исследованы. К ним относятся, напр., поведение животных (отчасти растений) и различные явления, происходящие с ними. Богатый материал по таким признакам содержится в народных приметах, из которых многие имеют несомненное научное значение. Одним из частных случаев физиологических признаков являются ощущения, переживаемые при переменах погоды человеком. Общеизвестны различные болевые ощущения, появляющиеся у ревматиков и травматиков перед наступлением ненастья. Научная постановка наблюдений над подобными явлениями была бы весьма желательно.

5) *К особенным признакам* относятся такие, неясность причины которых не позволяет классифицировать их в одну из предыдущих групп. К ним относятся: гудение телеграфных проводов, яркость ночного неба, появление пузырей на лужах во время дождя и пр. Возможно, что два первых явления имеют электромагнитное происхождение и поэтому быть может обладают ценностью иного рода, чем обычные местные признаки. Тем более интересны ряды систематических наблюдений, произведенных над ними.

К изложенному о местных признаках необходимо добавить следующее. Во многих случаях они еще мало исследованы*) и на указания о том или ином значении их

*) В некоторых случаях, напр., для красного цвета зари, встречаются прямо противоположные указания.

для прогноза погоды следует смотреть скорее не как на твердо установленный факт, а как на программу и указания для работы, в каком направлении следует искать окончательного вывода. Этим самым открывается широкое поле деятельности для исследователей.

Большим преимуществом местных признаков является то, что многие из них можно наблюдать без всяких специальных приборов, просто на глаз—поэтому они доступны для широких кругов наблюдателей.

При наблюдении местных признаков следует, конечно, возможно тщательнее следить за погодою в ближайшие дни после появления признака, а еще лучше вести дневник погоды, в котором записывать ее ежедневно, хотя бы в самых общих чертах. При всех случаях наблюдения признаков, само собою разумеется, надо помечать время (день, час) и т. п. обстоятельства явления. В дневнике можно помечать предсказания погоды, обращая особое внимание на случаи неудачи, которые желательно по возможности подробно расследовать, т. к. в этих случаях могут оказаться очень существенные выводы.

Вообще же при пользовании местными признаками погоды следует не ограничиваться одним каким-нибудь явлением, а наблюдать по возможности несколько, т. к. один признак во многих случаях не дает еще достаточных указаний; помимо этого желательно не ограничиваться одним фиксированием явления, а проследить, в какую сторону оно изменяется.

Очень желательны хорошие рисунки оптических явлений, по возможности в красках, напр. цветными карандашами.

V. Прозрачность воздуха. Под прозрачностью воздуха мы обычно подразумеваем пропускную ее способность для лучей света. Количество их, проходящее через слой атмосферы толщиною в 1 *км*, по отношению к количеству, входящему в этот слой, выражается дробным числом и называется коэффициентом прозрачности воздуха. Величина этого коэффициента, кроме состава атмосферы, зависит еще от количества взвешенных в воздухе частиц и оптической однородности среды. Если исключить аномальные годы, когда, помутнение атмосферы вызвано дей-

ствием вулканической пыли и лесными пожарами, то главная роль в изменении прозрачности воздуха принадлежит водяным парам. Поэтому наблюдения над прозрачностью воздуха представляют не только теоретический интерес, но также важны и в практическом отношении, ибо дают возможность судить об относительном увеличении количества находящейся в воздухе влаги. С этой целью обычно производят наблюдения над видимостью различно отдаленных предметов, отмечая степень видимости какими-нибудь условными терминами, например: ясно, не вполне ясно, туманно или баллами—1, 2, 3 и т. д. Не входя подробно в описание постановки этих наблюдений, что можно найти в соответствующей литературе, остановимся несколько на значении этих наблюдений вообще. Напр., улучшение видимости отдаленных предметов часто предвещает выпадение дождя; это об'ясняется тем, что при увеличении влажности в воздухе перед дождем на пылинках плавающих в воздухе, конденсируются пары; пылинки становятся тяжелее, опускаются вниз и оседают на землю: воздух становится чище.

Непрерывные, систематические наблюдения, производящиеся в течение целого ряда лет, дадут возможность выяснить местные условия прозрачности воздуха и в то же время послужат материалом для суждения о степени аномалий, вызванных различными причинами, а имея сведения о последних из различных мест, можно будет проследить время начала и конца наиболее значительных из них, вызванных, напр., вулканическими извержениями и подойти т. о. к вопросу об общем движении атмосферы. Кроме того наблюдения над прозрачностью воздуха крайне важны для решения вопроса о колебаниях солнечной постоянной, но для этой цели необходимы строго-научные инструментальные наблюдения, требующие особого оборудования.

Весьма важно отметить, что прозрачность в нижних слоях воздуха может не соответствовать прозрачности верхних слоев. Первая зависит, как и было сказано, от пыли и влаги в воздухе, вторая же, главным образом, от общего помутнения атмосферы (напр. при аномалиях).

Необходимо отметить, что худшее качество оптических свойств атмосферы для астрономических целей далеко не

совпадает с прозрачностью ее в обычном смысле слова. Напр., отличные изображения в телескопе получаются часто при небольшом тумане (конечно, для об'ектов не слишком близких к горизонту); обратно, неспокойное состояние атмосферы может быть совершенно незаметно для глаза и не отражаться на прозрачности, а в то же время значительно ухудшать качества изображений.

VI. Облака. Наблюдения над облачностью занимают особое место в вопросе изучения жизни атмосферы, потому что они являются самым ярким выразителем характера погоды. На метеорологических станциях, наблюдая облачность, отмечают все видимые формы, оценивая степень покрытия ими неба на глаз по десятибальной системе, считая 0, когда небо совершенно ясно, и 10, когда оно сплошь затянуто облаками. До последнего времени количественная оценка облачности производилась независимо от наблюдаемых при этом форм, не обращая внимания на то, будут ли это высокие облака типа перистых или низких, напр., дождевые. Но т. к. вполне очевидно, что характер погоды в этих случаях будет различен, то в настоящее время принято, кроме общей отметки количества облаков, выделять еще отдельно степень покрытия неба нижними облаками, относя к последним кучевые, слоисто-кучевые, слоистые и дождевые облака. Напр., отметка: „10/3 *CuSt, ACu, Cu*“ означает, что из общего количества облаков, равного 10, три единицы приходятся на долю кучевых облаков.

Отдельные формы облаков связаны с определенными условиями в атмосфере. Всякое изменение будет вызывать и изменение данного вида облака. Поэтому весьма интересно проследить, какие изменения претерпевают отдельные формы облаков и не наблюдается ли, напр., переход одной формы в другую. Особенно часто можно заметить переход слоисто-кучевых облаков в высоко-кучевые и обратно. Кроме того чрезвычайно важно отмечать направление движения облаков, потому что таким путем мы можем судить о направлении течений в том слое, где находится наблюдаемое облако. Иногда можно заметить, что отдельные облака, находясь на различных высотах, движутся в различных и даже взаимно противоположных направле-

ниях. При таком различном движении масс воздуха между прочим возникают так называемые волнистые облака (располагающиеся на небе параллельными рядами).

Изучение отдельных форм облаков может также быть весьма полезным, так как с некоторыми из них связывают характер ближайших изменений погоды. Особое значение в этом отношении приписывают перистым облакам. Вопросу о связи их с наступающей погодой посвящена целая литература. Оказывается, что не все перистые облака предвещают близкое ненастье. Среди них наблюдаются такие формы, которые бывают только в антициклональных областях и не имеют никакой связи с циклонами. Желательно было бы эту связь с погодой проследить яснее и составить наиболее полное описание форм, что значительно упростится, если облака будут зарисовываться. Примеров связи с погодой отдельных типов облаков можно привести много, но мы остановимся только еще на одном. В теплое время года часто можно наблюдать кучевые облака. Происхождение их связано с восходящими течениями в атмосфере, которые обычно образуются утром после восхода Солнца, достигая наибольшей силы в дневные часы. Поднимающиеся вместе с ними водяные пары, вследствие охлаждения воздуха при поднятии и постоянного перемешивания с более холодными массами воздуха, постепенно сгущаются и образуют облака, по своему виду близко напоминающие клубы дыма. Т. к. восточнее меридиана места наблюдения день начинается раньше, то понятно, что и кучевые облака прежде всего появляются в восточной половине горизонта. В дневные часы они образуются над нами и лишь только к вечеру, когда конвекция достаточно еще сильна на западе, они наблюдаются в этой части горизонта, постепенно исчезая к заходу Солнца. Поэтому, если мы заметим по утрам появление этих облаков не на востоке, а в к.-н. другой части горизонта, или что они не будут исчезать к заходу Солнца, то эти явления определенно будут указывать на нарушение прежнего состояния атмосферы, и в дальнейшем можно ждать ухудшения погоды. Вообще говоря, особенно ценные указания могут дать облака, группирующиеся по горизонту. Известно, что каждый тип погоды характери-

зуется определенными облаками; поэтому обозревая распределение облаков по горизонту, мы можем составить понятие о том, какая в данный момент наблюдается погода и только в непосредственной близости от места наблюдения, но в незначительном от него отдалении. В работе А. Ф. Вангенгейма «Перистые облака, как признак предстоящей погоды» приведена таблица, при помощи которой, зная высоту облака над горизонтом, можно судить об его отдалении от нас, что значительно облегчает общий анализ процессов, происходящих в данный момент в атмосфере.

Ниже мы помещаем список литературы, которая поможет читателям почерпнуть необходимые сведения. Наблюдателям, желающим заняться изучением облаков и связью их с погодой, можно посоветовать возможно чаще отмечать состояние облачности неба, параллельно следя за состоянием погоды; очень желательны хорошие рисунки облаков, так как в одной и той же группе могут быть много разновидностей и одним только описанием нет возможности точно их охарактеризовать. Рисунки желательно делать (особенно для перистых облаков) белым меловым карандашом на светло-голубой или серой бумаге, тогда они особенно наглядны.

Радиация перистых облаков. Особым вопросом при наблюдениях облачности является радиация перистых облаков, под которой разумеется схождение их лучами в виде веера в какой-либо точке горизонта. Наиболее часто радиируют перистые (*Ci*), перисто-слоистые (*CiSt*) облака, а также волнистые типа перисто-кучевых (*CiCu*) или высоко-кучевых (*ACu*). Все формы радиирующих облаков лучше всего разбить на три группы: 1) рядовые облака, 2) лучистые и 2) веерообразные. К первой группе следует отнести те облака, которые покрывают все небо при двух радиантах на диаметрально противоположных точках горизонта. Ко второй группе те облака, которые не доходят до зенита, а если и переходят через него, то не спускаются к горизонту. В таких случаях второй радиант отсутствует и должен быть отмечен, как предполагаемый, знаком —? В тех случаях, когда наблюдаются дугообразные ряды облаков невысоко над горизонтом, не доходящие

концами до горизонта, оба радианта отмечаются предположительно знаком —?. К третьей группе следует отнести облачные массы перисто-слоистых облаков, находящиеся над горизонтом, в виде базы, из которой на подобие веера, как пальцы из ладони, выдаются отростки, которые в общем все же дают намек на точку радиации.

Можно ограничиться только отметками точек радиации, указанием группы и момента, и такие наблюдения уже будут иметь большой интерес. Но желающие вести более подробные наблюдения должны отмечать направление движения радиирующих облаков. В этом отношении необходимо различать: 1) продольное (осевое) движение облаков вдоль по полосе, 2) поперечное (радиационное) движение самих полос и 3) вращательное движение всей системы, с перемещением обеих точек радиации. При отметках радиации крайне желательно указывать, не наблюдалось ли около этого времени или во время радиации галоса, полярного сияния, грозы, зарницы. Желательны также отметки направления по странам света, в котором во время радиации находится Солнце или Луна.

VII. Свечение ночного неба. Если внимательно присмотреться к фону неба ночью, когда уже не остается и следов сумерек, то не трудно заметить, что общий фон неба, на котором проектируются звезды, не совсем темный, а имеет как бы слабое освещение, и что степень этого освещения не постоянна, а от ночи к ночи меняется. Иногда это явление чрезвычайно усиливается, придавая всей ночи необычайно светлый характер; таких случаев известно довольно много. Из об'яснений этого явления можно привести два; по одному свечение происходит от постоянно влетающих в нашу атмосферу мельчайших метеоров, по другому причиной является та же, что и для полярных сияний,—исходящие от Солнца частицы: свечение является как бы постоянным полярным сиянием. В пользу второй гипотезы говорит то, что во многих случаях сильное свечение наблюдалось в ночи, следующие за полярным сиянием.

Явлениям свечения ночного неба много внимания уделялось Британской Астрономической Ассоциацией и был даже предложен специальный фотометр. Для обычных же

наблюдений можно рекомендовать отмечать лишь те случаи, когда свечение заметно отличается от обычного, характеризуя его силу, напр., по видимости отдаленных предметов, возможности читать более или менее мелкий шрифт и т. д.

VIII. ЛИТЕРАТУРА.

Полярные сияния. М. А. Аганин. Наблюдения над полярными сияниями. «Мироведение», 1921, № 2.

Д. О. Святский. О наблюдениях северных сияний. Известия Р.О.Л.М., № 2, 1926.

Грозы. Инструкция для наблюдений гроз и зарниц Главной Геофизической Обсерватории.

Радиация перистых облаков. Д. О. Святский. Радиация перистых рядовых облаков. «Мироведение», 1921. № 2.

С. Максимов. О наблюдениях радиации перистых облаков. Известия Р.О.Л.М. № 2, 1926.

Серебристые облака. К. Д. Покровский. Светящиеся ночные облака. Изв. Русск. Астр. О-ва, VI, № 6, 1897.

В. А. Мальцев. Серебристые облака в ночь с 8 на 9 августа 1925 «Мироведение». № 2, 1926.

В. А. Мальцев. О наблюдении серебристых светящихся облаков. Известия Р.О.Л.М. № 2, 1926.

Атмосферная оптика и прозрачность воздуха. П. И. Броунов. Атмосферная оптика. ГТИЗ. 1924, ц. 2 р. 75 к.

А. Клоссовский. Основы метеорологии.

Н. Т. Турчинович. Различные виды околосолнечных и окололунных кругов (галосов) и наблюдения их (по Л. Боссону). Изв. Р.О.Л.М. 1916, № 2.

Его же. Краткие указания для наблюдений галосов. Ряд статей Г. А. Тихова, И. И. Тихановского, С. В. Муратова в «Мироведении» и «Известиях» Р.О.Л.М.

Обстоятельнее всего вопросы атмосферной оптики рассматриваются в книге «Pertner. Meteorologische Optik».

Местные признаки погоды. П. И. Броунов. Предсказание погоды по небу.

Его же. Руководство для наблюдения над погодой. ГИЗ. 1922.

Н. Н. Калитин. Методы школьных наблюдений и предсказания погоды.

В. А. Михельсон. Краткий сборник научных примет о погоде. ГИЗ. 1921.

Его же. О погоде и о том, как ее можно предвидеть. ГИЗ.

Облака. А. Ф. Вангенгейм. Перистые облака, как признак предстоящей погоды. Изд. Гл. Геоф. Обсерв.

В. В. Кузнецов. Атлас облаков. Изд. Гл. Геоф. Обс.

Г. Любославский. Что такое облака.

Литература по рассмотренным в заметке вопросам очень обширна и здесь приведены только главнейшие издания и статьи.

Более подробные указания по рассмотренным в настоящей заметке вопросам интересующиеся могут получить в Русском Обществе Любителей Мироведения (Ленинград, Ул. Печатников, 25А). Туда же следует направлять и полученные наблюдения.

12. Инструкция для наблюдений атмосферного режима.

Облачность. Наблюдения атмосферного режима чрезвычайно разнообразны, что создает большие затруднения при их обработке. Предлагаемая инструкция, испытанная на протяжении более трех лет, имеет ввиду привести в систему эти простые и требующие затраты небольшого времени наблюдения.

Наблюдения надо производить по следующей схеме.

1. Сутки делятся на четыре периода по шести часов часов каждый — утро с 3 до 9 ч., день с 9 до 15 ч., вечер с 15 до 21 ч. и ночь с 21 до 3 ч. следующих суток.

2. Отметку «ясно» можно ставить при облачном небе в течение периода наблюдений в том случае, если можно было что-нибудь видеть, хотя бы в течение только полчаса времени.

3. Ясным также можно считать небо, покрытое тонкими *Cirro-Stratus'ами*, сквозь которые видно днем Солнце настолько, что, при взгляде на него простым глазом, его

края достаточно резки. При таком состоянии неба можно наблюдать.

4. Ночью можно пользоваться краем Луны, а если ее нет — оценивать состояние неба по звездам; когда видны звезды до 2 величины—ясно.

Август 1927.

	У.	Д.	В.	Н.		У.	Д.	В.	Н.
1	я	я	я	я	17	о	о	о	о
2	я	я	я	я	18	о	о	о	о
3	я	я	я	я	19	о	о	я	я
4	я	я	я	я	20	о	я	я	о
5	я	я	я	я	21	я	о	я	я
6	я	я	я	я	22	о	о	о	я
7	я	я	я	я	23	о	я	я	я
8	я	я	я	я	24	я	о	о	я
9	я	я	я	я	25	о	я	я	я
10	я	я	я	я	26	о	о	о	о
11	я	я	о	я	27	о	я	я	я
12	о	о	я	я	28	о	я	я	я
13	я	о	о	я	29	я	я	я	я
14	о	о	о	о	30	о	я	я	я
15	о	о	о	о	31	я	я	я	я
16	я	о	о	я					

Ясных . . . 12 дней.
Облачных . . 5 „
Переменных . 14 „

5. Запись наблюдений производится ввиде таблицы, в которой против каждого числа ставятся отметки (по четыре раза в сутки) о состоянии неба. «Ясно» можно записывать буквой—я, «облачно» — о. Для образца приложена нижеследующая таблица наблюдений за август месяц по Ленинграду. Дни, заполненные четырьмя отметками «ясно», при подсчете принимаются за ясные, четыре отметки «облачно» дают облачный день, дни с разными отметками считаются переменными.

Все эти наблюдения производятся без всяких приборов, время требуется с небольшой точностью ± 15 м.

Спокойствие. Кроме этих наблюдений, желательно чтобы наблюдатели, живущие в разных местах СССР и имеющие телескопы, производили наблюдения спокойствия атмосферы, наблюдая диффракционные диски и кольца звезд по шкале Пикеринга, которая здесь приводится с рисунками изображений (рис. 19).

Шкала Пикеринга. 1. Изображения звезд все время почти в два раза больше третьего диффракционного кольца. (рис, 19,*1*).

2. Изображения по временам более диаметра третьего кольца.

3. Изображения почти такого же диаметра, как третье кольцо, и к центру ярче (рис. 19,*2*).

4. Диск часто виден; на более ярких звездах иногда видны дуги (рис. 19,*3*).

5. Диск виден постоянно; дуги на более ярких звездах видны часто.



Рис. 19.

6. Диск виден постоянно; короткие дуги постоянно (рис. 19,*4*).

7. Диск по временам резко отчетлив; а) движущиеся дуги, б) движущиеся полные кольца.

8. Диск все время резко отчетлив: а) движущиеся дуги, б) движущиеся полные кольца.

9. Кольца: а) внутреннее неподвижно, б) внешнее неподвижно только моментами.

10. Кольца все неподвижны: а) между кольцами иногда движутся детали; б) никаких деталей между кольцами не движется (рис. 19,*5*).

Баллы 1—3 характеризуют плохое, 4—5 посредственное, 6—7 хорошее и 8—10 прекрасное состояние атмосферы.

Шкала Пикеринга составлена для телескопа с отверстием в 5 дюймов, но можно наблюдать и на меньших.

Для наблюдений берутся 4 звезды от 1 до 2 вел. в разных сторонах неба (юг, север, восток и запад) и Полярная—как постоянно находящаяся на одном и том же месте неба. Наблюдения желательно делать по 3—4 раза в ночь; в случае невозможности — ограничиться одним разом. Увеличение при наблюдениях нужно употреблять наибольшее, чтобы диски и кольца звезд были видны отчетливо. Желательно, чтобы наблюдатели, имеющие инструменты разных диаметров об'ектива, произвели наблюдения параллельно на разных инструментах, для составления шкалы для инструментов меньших размеров.

При присылке наблюдений спокойствия атмосферы обязательно надо указывать диаметр об'ектива и увеличение инструмента.

Прозрачность. Для наблюдений прозрачности атмосферы, нужно составить карту звезд околополярной области, по

атласу проф. А. А. Михайлова со звездами до 7.5 вел., и ежедневно отмечать, до какой величины видны звезды просто глазом и в бинокль. Для телескопических наблюдений можно воспользоваться картами М. Е. Набокова, напечатанных в «Мироведении» за 1926, № 4, тут же даны и их яркости.

Кроме того нужно исследовать прозрачность атмосферы, наблюдая восход и заход ярких звезд—1 и 2 вел. Для этого нужно подобрать в четырех местах горизонта (юг, север, восток и запад) яркие звезды и сравнивать их с вышележащими звездами, сравнивая нижнюю звезду с парой звезд верхних по методу Пикеринга, как это делается при наблюдениях переменных звезд. Звезды нужно подобрать так, чтобы все они были различной яркости. Оценки яркости звезды делать через каждые 15 — 20 минут, в течение всей ночи или до захода звезды за горизонт (на западе). Обозначив звезды буквами, запись оценок надо вести так:

25 августа 1927.			
Время оценки.	α Волопаса.	α Сев. Короны.	β Возничего.
9 ч. 55 м.	*a* 8 *b* 2 *A*	*a* = *B*	*a* 5 *C* 5 *b*
10 „ 10 „	*a* 7 *b* 3 *A*	*a* 1 *B* 9 *b*	*a* 5 *C* 5 *b*
и т. д. на каждый день.			

Маленькими буквами обозначены звезды сравнения, а большой буквой нижняя звезда.

Присылать наблюдения ежемесячно по адресу: Ленинград, 8, ул. Союза Печатников, 25-А, кв. 45. Р.О.Л.М, Отдел Атмосферного Режима Б. Н. Н.

Любители, производящие все эти наблюдения или только часть их, своей работой принесут огромную пользу при изучении атмосферного режима нашей страны и помогут выявить все места СССР, пригодные для постройки астрономических обсерваторий и для работы экспедиций.

ОТДЕЛ VI

ТАБЛИЦЫ

Отдел VI.

Таблицы.

В настоящий отдел включены преимущественно справочные и вспомогательные таблицы, имеющие практическое значение для любителя; в связи с этим некоторые таблицы (напр. собственные движения и параллаксы звезд) оставлены в тексте соответствующих отделов.

Ниже указаны источники, использованные при составлении таблиц, и исходные значения, положенные в основу вычислений.

Табл. 2. Значения постоянных даны по следующим авторитетам: солнечный параллакс, постоянные нутации и аберрации—*постановление Парижск. конференции 1896;* прецессия, наклонение эклиптики, длина года—*Ньюком;* Размеры Земли—*Хэйфорд;* ускорение силы тяжести, длина маятника—*Гельмерт;* параллакс Луны, длина месяца — *Браун;* Скорость света — *Майкельсон* (1926); солнечный апекс — *Босс;* движение Солнца к апексу — *Кэмпбелл;* солнечная постоянная — *Аббот.*

Табл. 3. Массы Земли и внешних планет даны по *Ньюкому*, Меркурия — по *Баклунду*, Венеры — по *Россу;* видимые диаметры по следующим источникам: Солнце и Венера — *Ауверс;* Луна — *Ньюком;* Меркурий — *Леверрье;* Марс.— *Гартвиг:* Юпитер — *Сэмсон;* Сатурн — *Струве*; Уран — *Барнард, Вирц, Си, Хайнд* (средн.); Нептун — *Барнард.* Вычисленные по приведенным в таблице значениям масс и видимых диаметров плотность, поверхность, об'ем и сила тяжести позаимствованы из *Handbook of Brit. Astr. Association.* Альбедо планет—по *Рёсселю.*

Табл. 14. Поглощение света атмосферой дано по *Вирцу* (*C. Wirtz Die Beobachtung der atmosfärischen Extinction. Astr. Handbuch 1921*) Коэффициент трансмиссии A=0.835.

Табл. 15. Поправки на восход и заход Солнца вычислены для второго года по високосном, но таблицей можно пользоваться и для других лет високосного цикла. Истинное зенитное расстояние Солнца для моментов восхода и захода принято 90°50′.

Табл. 19 и 20. Продолжительность сумерек вычислена для второго года по високосном, по δ Солнца в ср. Грин. полдень. Истинное зенитное расстояние Солнца для начала и конца сумерек принято 96°30′ для гражданских и 108° для астрономических.

Относящиеся данные для других таблиц помещены непосредственно при таблицах.

Примеры на пользование табл. 7, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 18, даны во II отделе.

---

1. Астрономические знаки и символы. Греческий и латинский алфавиты.

Знаки и сокращения.

♈	Точка весеннего равноденствия.	☊	Восходящий узел
♎	Точка осеннего равноденствия.	☋	Нисходящий узел
		☌	Соединение
		☍	Противостояние

Знаки Солнца, Луны и планет.

☉	Солнце	♀	Венера	♄	Сатурн
☾	Луна	♁	Земля	♅	Уран
☿	Меркурий	♂	Марс	♆	Нептун
		♃	Юпитер		

Знаки Зодиака.

♈	Овен	♌	Лев	♐	Стрелец
♉	Телец	♍	Дева	♑	Козерог
♊	Близнецы	♎	Весы	♒	Водолей
♋	Рак	♏	Скорпион	♓	Рыбы

Латинский алфавит.

Aa	а	*Nn*	эн
Bb	бе	*Oo*	о
Cc	це	*Pp*	пе
Dd	де	*Qq*	ку
Ee	е	*Rr*	эр
Ff	эф	*Ss*	эс
Gg	же	*Tt*	те
Hh	аш	*Uu*	у
Ii	и	*Vv*	ве
Kk	ка	*Ww*	дубль-ве
Ll	эль	*Xx*	икс
Mm	эм	*Yy*	игрек
		Xz	зет

Греческий алфавит.

α	альфа	ν	ню
β	бэта	ξ	кси
γ	гамма	ο	омикрон
δ	дельта	π	пи
ε	эпсилон	ρ	ро
ζ	дзета	σ	сигма
η	эта	τ	тау
θ	тэта	υ	ипсилон
ι	иота	φ	фи
κ	каппа	χ	хи
λ	ламбда	ψ	пси
μ	мю	ω	омега

2. Астрономические постоянные.

Солнечный параллакс	8″.80
Среднее расстояние от Земли до Солнца	149500000 *км.* = 1 астрономической единице.
Постоянная нутации	9″.21
Постоянная аберрации	20″.47
Наклонение эклиптики	23° 27′ 8″.3 — 46″.84 *T* *)
Общая прецессия на 1930	50″.26
Прецессия по α на 1930	46″.09
Прецессия по δ на 1930	20″.04
Средняя скорость Земли на орбите	29.766 *км/сек.*
Среднее суточное движение Солнца по эклиптике	59′ 8″.2
Длина года на 1930 в средн. солнечн. сутках:	
Юлианского	365.25
Тропического	365.242197
Сидерического	365.256360
Аномалистического	365.259642
Длина суток:	
Звездных в средн. солнечн. времени	23 ч. 56 м. 4.091 с.
Средних солнечн. в звездн. времени	24 ч. 3 м. 56.555 с.
Размеры Земли:	
Экваториальный радиус *a*	6378.79 *км.*
Полярный радиус *b*	6356.91 *км.*
Сжатие Земли $(a-b):a$	$^1/_{297}$
Геоцентрическая широта φ' . . .	$\varphi - 11' 35''.7 \sin 2\varphi + 1''.2 \sin 4\varphi$
1° широты в *км.*	$111.136 - 0.562 \cos 2\varphi$
1° долготы в *км.*	$111.417 \cos\varphi - 0.094 \cos 4\varphi$
Средняя плотность Земли . . .	5.53
Ускорение силы тяжести на уровне моря в 1 *сек.*	$980.62 - 2.593 \cos 2\varphi + 0.007 \cos^2 2\varphi$ *см/сек.*
Длина секундного маятника на уровне моря в *см.*	$99.357 - 0.263 \cos 2\varphi$

*) Где *T* — время в Юлианских столетиях, протекшее 1900.

2. Продолжение.

Горизонтальный экваториальный параллакс Луны	57′ 2″.7
Среднее расстояние от Земли до Луны	384400 *км.*
Среднее суточное движение Луны на орбите	13° 10′ 35″
Длина месяца в средних солнечных сутках:	
Синодического	29.530588
Сидерического	27.321661
Тропического	27.321582
Аномалистического	27.554550
Драконического	27.212220
Скорость света в пустоте	299796 *км.*
Световой год	9.463 × 10^{12} *км.* = 63300 астр. един. = 0.307 *парсека*
Свет проходит расстояние в 1 астр, единицу в	498. 6 с.
Парсек (расстояние, соответствующее годичному параллаксу в 1″)	30.84 × 10^{12} *км.* = 206265 астр. един. = 3.260 св. лет.
Отношение яркостей при разности в 1 звездн. величину	2.512 *lg* 2.512 = 0.400
Звездная величина Солнца	—26.7
Абсолютная звездная величина Солнца (на расстоянии 10 парсеков) .	4.85
Солнечный апекс	α 270° δ + 34°.
Скорость движения Солнца к апексу	19.5 *км.*
Солнечная постоянная (количество лучистой энергии, получаемой в минуту кв. сантиметром земной поверхности при падающих отвесно лучах)	1.93 гр.-калории.
Полюс Галактической плоскости .	α 12 ч. 44 м. δ + 27°.
Координаты Галактической плоскости относительно экватора:	
Восходящий узел	282°.
Наклонение	63°.
Площадь неба в кв. градусах . .	41253.

3. Элементы больших планет, Солнца и Луны.

Некоторые элементы Солнца, Земли и Луны см. также в табл. 2.

Планеты.	Средн. расст. от Солнца. В миллион. *км.*	В астр. един.	Эксцентриситет.	Наклон. к эклипт.	Долгота восх. узла 1925.0	Годов измен.	Долгота перигелия 1925.0	Годов измен.
				° ′	° ′	″	° ′	″
Меркурий .	58.0	0.387	0.206	7 0.2	47 26.5	+43	76 17.3	+56
Венера . . .	108.2	0.723	0.007	3 23.6	76 0.3	+32	130 30.9	+51
Земля . . .	149.5	1.000	0.017	— —	— —	—	101 39.0	+62
Марс	227.7	1.524	0.093	1 51.0	48 58.8	+28	334 40.7	+66
Юпитер . .	777.7	5.203	0.048	1 18.4	99 41.4	+36	13 6.9	+58
Сатурн . . .	1425.9	9.539	0.056	2 29.5	113 0.1	+31	91 34.7	+70
Уран	2867.5	19.191	0.047	0 46.4	73 37.0	+18	169 26.9	+58
Нептун . . .	4492.6	30.071	0.009	1 46.6	130 57.2	+40	43 58.5	+52

Планеты.	Период обращения. Сидерич. в троп. годах.	Синод. в сред. сутках.	Экваториальный диаметр [2]). Видим. в сред. оппоз.	В *км.*	Земля = 1.	Период вращен. [3]).	Наклон. экват. к пл. орб. [4]).
			″			ч. м. с.	° ′
Меркурий .	0.241	115.9	10.9	4800	0.38	?	?
Венера . .	0 615	583.9	60.8	12200	0.96	?	?
Земля . . .	1.000	—	—	12757	1.00	23 56 4	23 27
Марс	1.881	779.9	17.9	6800	0.53	24 37 23	24 52
Юпитер . .	11.862	398.9	46.9	142700	11.2	9 50 30	3 4
Сатурн [1]) . .	29.458	378.1	19.5	120800	9.5	10 14 24	26 49
Уран	84.015	369.7	3.8	49700	3.9	10 42	98
Нептун . . .	164.788	367.5	2 5	53000	4.2	15 48	29

[1]) Кольцо Сатурна: наклонение к эклиптике 28°6′, период обращения от 4 ч. (внутр. край) до 14 ч. (внешн. край); размеры в радиусах планеты: внешн. радиус внешн. кольца 2.29, внутренн. радиус внутреннего кольца 1.48; в *км:* внешн. радиус внешн. кольца 138000 *км.*, внутр. радиус внутр. кольца 90000 *км.*

[2]) Для Меркурия и Венеры видимый диаметр дан в средн. нижн. соединении. *Полярный* диаметр $b = a(1 - c)$ где a—экваториальн. диаметр и c—*сжатие.* Последнее составляет для Земли—$^1/_{297}$, Марса—$^1/_{190}$, Юпитера—$^1/_{15}$, Сатурна—$^1/_{9.6}$, Урана—$^1/_{14}$; для Меркурия и Венеры незначительно, для Нептуна неизвестно.

[3]) Вероятный период вращения Меркурия—88 дней. Период вращения Юпитера дан для I системы (экваториальн. зона); период вращения II системы принят в 9 ч. 55 м. 41 с. Для Нептуна период вращения по спектроскоп. исследов. Менцеля и Мура (1928).

[4]) Обратное вращение выражается через угол наклонения экватора свыше 90°.

3. Продолжение.

Планеты.	Масса [1]) (Солнце=1).	Плотность. Вода=1.	Плотность. Земля=1.	Об'ем.	Поверхность.	Сила тяжести на экв. [2])	Альбедо.
				Земля = 1.			
	1 :						
Меркурий	9000000	3.73	0.68	0.05	0.14	0.26	0.07
Венера . .	403490	5.21	0.94	0.88	0.91	0.90	0.59
Земля . .	329390	5.53	1.00	1.00	1.00	1.00	(0.45)
Марс . . .	3093500	3.95	0.71	0.15	0.28	1.38	0.15
Юпитер .	1047	1.34	0.24	1312	120	2.64	0.56
Сатурн . .	3502	0.69	0.12	763	84	1.13	0.63
Уран . . .	22869	1.36	0.25	59	15	0.96	0.63
Нептун . .	19314	1.30	0.26	72	17	0.98	0.73

[1]) Включая массу спутников. Масса Земли без Луны=1/333434.

[2]) Влияние центробежной силы вращения в учет не принято.

СОЛНЦЕ.		ЛУНА.	
Видимый диаметр на расстоянии 1 астрономической единицы . . .	1919″.3	Средн. расст. от Земли: в *км*	384400
Диаметр в *км*	1391000	в радиусах Земли . .	60.267
» (Земля=1) . .	109	Эксцентриситет орбиты	0.055
Сидерический период вращения в сутках . . .	25.38	Средн. наклонение орбиты к эклиптике . . .	5° 8′.7
Синодический период вращения в сутках . . .	27.25	Сидерич. обращ. в сутк.	27.322
Наклонение экватора к эклиптике	7° 15′	Синодич. » »	29.531
Масса (Земля=1) .	333434	Видим. диаметр на средн. расст. от Земли . . .	1865″.2
Плотность (Вода=1) . .	1.42	Наклонение экватора к орбите	1° 32′.
» (Земля=1) .	0.26	Диаметр в *км*	3476
Об'ем (Земля=1) .	1300000	» (Земля=1) .	0.272
Сила тяжести на поверхности	28.0	Масса (Земля=1) .	0.012
		Плотность (Вода=1) . .	3.34
		» (Земля=1) .	0.60
		Об'ем (Земля=1) .	0.020
		Сила тяжести на поверхности	0.16
		Альбедо	0.07

4. Элементы спутников планет.

Названия планет и спутников.	Сидерическ. время обращения в сутках.	Среднее расстояние от планеты.			Диаметр в *км.*	Звездн. велич. в средн. оппозицию.
		В полудиаметрах планеты.	Угловое в средн. оппозицию.			
Марс						
Фобос . . .	0.3189	2.7	0′	24″	15	11
Деймос . . .	1.2624	6.7	1	2	10	12
Юпитер						
I. Ио . . .	1.7691	5.9	2	18	3400	5.5
II. Европа . .	3.5512	9.4	3	40	3000	5.7
III. Ганимед	7.1546	15.1	5	51	5300	5.1
IV. Каллисто .	16.6890	26.5	10	18	5000	6.2
V.	0.4982	2.5	0	59	200	14
VI.	250.62	160	62	40	150	15
VII.	260.07	167	64	13	50	17
VIII.	738.9	357	128	35	50	17
IX.	745	358	128	58	20	18
Сатурн						
Мимас . . .	0.9424	3.1	0	30	600	12
Энцелад . . .	1.3702	3.9	0	38	700	12
Фетида . . .	1.8878	4.9	0	48	1200	11
Диона . . .	2.7369	6.2	1	1	1400	11
Рея	4.5175	8.7	1	25	1800	10
Титан . . .	15.9455	20.2	3	17	5000	8
Гиперион . .	21.2767	24.5	3	59	350	15
Япет . . .	79.3308	58.9	9	35	1800	11
Феба . . .	550.45	214	34	52	500	14
Фемида . . .	20.85	24	3	56	150	17
Уран						
Ариель . . .	2.5204	7.0	0	15		16
Умбриель . .	4.1442	9.9	0	20		17
Титания . . .	8.7059	16.1	0	33		14
Оберон . . .	13.4633	21.5	0	44		14
Нептун						
.	5.8768	14.7	0	17	3500	13

Примечания. У VIII и IX спутников Юпитера, Фемиды, спутников Урана и Нептуна движение обратное. Плоскости орбит спутников лежат приблизительно в плоскости экватора планеты, кроме VI, VII, VIII и IX спутн. Юпитера, Гипериона, Япета и Фемиды. Диаметры большинства спутников выведены из оценок яркости и поэтому дают представление лишь о порядке величины. В зависимости от положения на орбите яркости первых 4 спутников Юпитера колеблются в пределах 0.5 звездн. велич. и Япета—в пределах 2 звездн. велич. Данные о кольце Сатурна см. табл. 3.

5. Перевод времени в дугу.

Часы в дуге.		Минуты времени в дуге.						Секунды времени в дуге.					
ч.	°	м.	°	′	м.	°	′	с.	′	″	с.	′	″
1	15	1	0	15	31	7	45	1	0	15	31	7	45
2	30	2	0	30	32	8	0	2	0	30	32	8	0
3	45	3	0	45	33	8	15	3	0	45	33	8	15
4	60	4	1	0	34	8	30	4	1	0	34	8	30
5	75	5	1	15	35	8	45	5	1	15	35	8	45
6	90	6	1	30	36	9	0	6	1	30	36	9	0
7	105	7	1	45	37	9	15	7	1	45	37	9	15
8	120	8	2	0	38	9	30	8	2	0	38	9	30
9	135	9	2	15	39	9	45	9	2	15	39	9	45
10	150	10	2	30	40	10	0	10	2	30	40	10	0
11	165	11	2	45	41	10	15	11	2	45	41	10	15
12	180	12	3	0	42	10	30	12	3	0	42	10	30
13	195	13	3	15	43	10	45	13	3	15	43	10	45
14	210	14	3	30	44	11	0	14	3	30	44	11	0
15	225	15	3	45	45	11	15	15	3	45	45	11	15
16	240	16	4	0	46	11	30	16	4	0	46	11	30
17	255	17	4	15	47	11	45	17	4	15	47	11	45
18	270	18	4	30	48	12	0	18	4	30	48	12	0
19	285	19	4	45	49	12	15	19	4	45	49	12	15
20	300	20	5	0	50	12	30	20	5	0	50	12	30
21	315	21	5	15	51	12	45	21	5	15	51	12	45
22	330	22	5	30	52	13	0	22	5	30	52	13	0
23	345	23	5	45	53	13	15	23	5	45	53	13	15
24	360	24	6	0	54	13	30	24	6	0	54	13	30
		25	6	15	55	13	45	25	6	15	55	13	45
		26	6	30	56	14	0	26	6	30	56	14	0
		27	6	45	57	14	15	27	6	45	57	14	15
		28	7	0	58	14	30	28	7	0	58	14	30
		29	7	15	59	14	45	29	7	15	59	14	45
		30	7	30	60	15	0	30	7	30	60	15	0

6. Перевод дуги во время.

Градусы во времени.						Минуты дуги во времени.						Секунды дуги во времени.			
°	ч.	м.	°	ч.	м.	′	м.	с.	′	м.	с.	″	с.	″	с.
1	0	4	120	8	0	1	0	4	31	2	4	1	0.07	31	2.07
2	0	8	130	8	40	2		8	32		8	2	0.13	32	2.13
3	0	12	140	9	20	3		12	33		12	3	0.20	33	2.20
4	0	16	150	10	0	4		16	34		16	4	0.27	34	2.27
5	0	20	160	10	40	5		20	35		20	5	0.33	35	2.33
6	0	24	170	11	20	6		24	36		24	6	0.40	36	2.40
7	0	28	180	12	0	7		28	37		28	7	0.47	37	2.47
8	0	32	190	12	40	8		32	38		32	8	0.53	38	2.53
9	0	36	200	13	20	9		36	39		36	9	0.60	39	2.60
10	0	40	210	14	0	10		40	40		40	10	0.67	40	2.67
11	0	44	220	14	40	11		44	41		44	11	0.73	41	2.73
12	0	48	230	15	20	12		48	42		48	12	0.80	42	2.80
13	0	52	240	16	0	13		52	43		52	13	0.87	43	2.87
14	0	56	250	16	40	14	0	56	44	2	56	14	0.93	44	2.93
15	1	0	260	17	20	15	1	0	45	3	0	15	1.00	45	3.00
20	1	20	270	18	0	16		4	46		4	16	1.07	46	3.07
30	2	0	280	18	40	17		8	47		8	17	1.13	47	3.13
40	2	40	290	19	20	18		12	48		12	18	1.20	48	3.20
50	3	20	300	20	0	19		16	49		16	19	1.27	49	3.27
60	4	0	310	20	40	20		20	50		20	20	1.33	50	3.33
70	4	40	320	21	20	21		24	51		24	21	1.40	51	3.40
80	5	20	330	22	0	22		28	52		28	22	1.47	52	3.47
90	6	0	340	22	40	23		32	53		32	23	1.53	53	3.53
100	6	40	350	23	20	24		36	54		36	24	1.60	54	3.60
110	7	20	360	24	0	25		40	55		40	25	1.67	55	3.67
						26		44	56		44	26	1.73	56	3.73
						27		48	57		48	27	1.80	57	3.80
						28		52	58		52	28	1.87	58	3.87
						29	1	56	59	3	56	29	1.93	59	3.93
						30	2	0	60	4	0	30	2.00	60	4.00

7. Перевод звездного времени в среднее.

Часы.				Минуты.						Секунды.	
Зв.	Среднее.			Зв.	Среднее.		Зв.	Среднее.		Зв.	Среднее.
ч.	ч.	м.	с.	м.	м.	с.	м.	м.	с.	с.	с.
1	0	59	50.17	1	0	59.84	31	30	54.92	1	1.00
2	1	59	40.34	2	1	59.67	32	31	54.76	3	2.99
3	2	59	30.51	3	2	59.51	33	32	54.59	5	4.99
4	3	59	20.68	4	3	59.34	34	33	54.43	7	6.98
5	4	59	10.85	5	4	59.18	35	34	54.27	9	8.98
6	5	59	1.02	6	5	59.02	36	35	54.10	11	10.97
7	6	58	51.19	7	6	58.85	37	36	53.94	13	12.96
8	7	58	41.36	8	7	58.69	38	37	53.77	15	14.96
9	8	58	31.53	9	8	58.53	39	38	53.61	17	16.95
10	9	58	21.70	10	9	58.36	40	39	53.45	19	18.95
11	10	58	11.87	11	10	58.20	41	40	53.28	21	20.94
12	11	58	2.05	12	11	58.03	42	41	53.12	23	22.94
13	12	57	52.22	13	12	57.87	43	42	52.96	25	24.93
14	13	57	42.39	14	13	57.71	44	43	52.79	27	26.93
15	14	57	32.56	15	14	57.54	45	44	52.63	29	28.92
16	15	57	22.73	16	15	57.38	46	45	52.46	31	30.92
17	16	57	12.90	17	16	57.22	47	46	52.30	33	32.91
18	17	57	3.07	18	17	57.05	48	47	52.14	35	34.90
19	18	56	53.24	19	18	56.89	49	48	51.97	37	36.90
20	19	56	43.41	20	19	56.72	50	49	51.81	39	38.89
21	20	56	33.58	21	20	56.56	51	50	51.64	41	40.89
22	21	56	23.75	22	21	56.40	52	51	51.48	43	42.88
23	22	56	13.92	23	22	56.23	53	52	51.32	45	44.88
24	23	56	4.09	24	23	56.07	54	53	51.15	47	46.87
				25	24	55.90	55	54	50.99	49	48.87
				26	25	55.74	56	55	50.83	51	50.86
				27	26	55.58	57	56	50.66	53	52.86
				28	27	55.41	58	57	50.50	55	54.85
				29	28	55.25	59	58	50.33	57	56.84
				30	29	55.09	60	59	50.17	59	58.84

8. Перевод среднего времени в звездное.

Часы.				Минуты.						Секунды.	
Ср.	Звездное.			Ср.	Звездное.		Ср.	Звездное.		Ср.	Звездное.
ч.	ч.	м.	с.	м.	м.	с.	м.	м.	с.	с.	с.
1	1	0	9.86	1	1	0.16	31	31	5.09	1	1.00
2	2	0	19.71	2	2	0.33	32	32	5.26	3	3.01
3	3	0	29.57	3	3	0.49	33	33	5.42	5	5.01
4	4	0	39.43	4	4	0.66	34	34	5.59	7	7.02
5	5	0	49.28	5	5	0.82	35	35	5.75	9	9.02
6	6	0	59.14	6	6	0.99	36	36	5.91	11	11.03
7	7	1	9.00	7	7	1.15	37	37	6.08	13	13.04
8	8	1	18.85	8	8	1.31	38	38	6.24	15	15.04
9	9	1	28.71	9	9	1.48	39	39	6.41	17	17.05
10	10	1	38.56	10	10	1.64	40	40	6.57	19	19.05
11	11	1	48.42	11	11	1.81	41	41	6.74	21	21.06
12	12	1	58.28	12	12	1.97	42	42	6.90	23	23.06
13	13	2	8.13	13	13	2.14	43	43	7.06	25	25.07
14	14	2	17.99	14	14	2.30	44	44	7.23	27	27.07
15	15	2	27.85	15	15	2.46	45	45	7.39	29	29.08
16	16	2	37.70	16	16	2.63	46	46	7.56	31	31.08
17	17	2	47.56	17	17	2.79	47	47	7.72	33	33.09
18	18	2	57.42	18	18	2.96	48	48	7.89	35	35.10
19	19	3	7.27	19	19	3.12	49	49	8.05	37	37.10
20	20	3	17.13	20	20	3.29	50	50	8.21	39	39.11
21	21	3	26.99	21	21	3.45	51	51	8.38	41	41.11
22	22	3	36.84	22	22	3.61	52	52	8.54	43	43.12
23	23	3	46.70	23	23	3.78	53	53	8.71	45	45.12
24	24	3	56.56	24	24	3.94	54	54	8.87	47	47.13
				25	25	4.11	55	55	9.04	49	49.13
				26	26	4.27	56	56	9.20	51	51.14
				27	27	4.44	57	57	9.36	53	53.15
				28	28	4.60	58	58	9.53	55	55.15
				29	29	4.76	59	59	9.69	57	57.16
				30	30	4.93	60	60	9.86	59	59.16

9. Поправки звездного времени для разных долгот.

Таблица служит для приведения звездного времени в данный момент среднего Гриничского времени к звездному времени в тот же момент среднего времени другой долготы.

Для местностей, лежащих к востоку от Гринича, поправка имеет отрицательный знак.

Долгота от Гринича.		Поправка.		Долгота от Гринича.		Поправка.		Долгота от Гринича.		Поправка.	
ч.	м.	м.	с.	ч.	м.	м.	с.	ч.	м.	м.	с.
0	00	0	0.00	4	00	0	39.43	8	00	1	18.85
	10	0	1.64		10	0	41.07		10	1	20.50
	20	0	3.29		20	0	42.71		20	1	22.14
	30	0	4.93		30	0	44.35		30	1	23.78
	40	0	6.57		40	0	46.00		40	1	25.42
	50	0	8.21		50	0	47.64		50	1	27.07
1	00	0	9.86	5	00	0	49.28	9	00	1	28.71
	10	0	11.50		10	0	50.93		10	1	30.35
	20	0	13.41		20	0	52.57		20	1	31.90
	30	0	14.79		30	0	54.21		30	1	33.64
	40	0	16.43		40	0	55.85		40	1	35.28
	50	0	18.07		50	0	57.50		50	1	36.92
2	00	0	19.71	6	00	0	59.14	10	00	1	38.57
	10	0	21.36		10	1	0.78		10	1	40.21
	20	0	23.00		20	1	2.42		20	1	41.85
	30	0	24.64		30	1	4.07		30	1	43.49
	40	0	26.28		40	1	5.71		40	1	45.14
	50	0	27.93		50	1	7.35		50	1	46.61
3	00	0	29.57	7	00	1	9.00	11	00	1	48.42
	10	0	31.21		10	1	10.64		10	1	50.06
	20	0	32.86		20	1	12.28		20	1	51.71
	30	0	34.50		30	1	13.92		30	1	53.35
	40	0	36.14		40	1	15.57		40	1	54.99
	50	0	37.78		50	1	17.21		50	1	56.64
4	00	0	39.43	8	00	1	18.85	12	00	1	58.28

10. Поправки моментов неисправленного полудня из наблюдений Солнца на равных высотах.

Таблица дает поправки моментов полудня из наблюдений Солнца на равных высотах (напр. кольцом проф. Глазенапа, см. отд. III) для $t = 2, 3, 4, 5$ ч. и φ от 38° до 62°.

Таблица вычислена по эфемеридам високосного года, но годится на любой год, если поправка нужна с точностью до ± 1.0 с. Для получения более точной поправки при пользовании таблицей в невисокосные годы, следует пользоваться помещенной ниже таблицей, где d — суточное изменение поправки, т. е. $^1/_8$ табличной разности. При пользовании этой таблицей ошибка для невисокосного года не превысит ± 0.2 с.

Остаток от деления № года на 4.	Поправка. с 1 янв. по 1 марта.	Поправка. с 1 марта по 31 дек.
0	0	0
1	$+{}^1/_4\,d$	$-{}^1/_4\,d$
2	$+{}^1/_2\,d$	$-{}^1/_2\,d$
3	$-{}^1/_4\,d$	$-{}^3/_4\,d$

Пример I. Найти поправку для $\varphi = 62°$ и $t = 2$ ч. на 1 янв. 1929.

Разность поправок на 25 дек. и 1 янв. . 6.9—2.1 = + 4.8 с.
Суточное изменение поправки . . . . 4.8 : 7 = + 0.7 с.
Поправка за № года . . . . 0.7 : 4 = + 0.2 с.
Поправка для 1 янв. 1929 . . . . 6.9+0.2 = + 7.1 с.

Пример II. Найти поправку для $\varphi = 62°$ и $t = 2$ ч. на 1 янв. 1927.

В этом случае:

Поправка за № года . . . . 0.7 : — 4 = — 0.2 с.
Поправка для 1 янв. 1927 г. . . . . . . 6.9 — 0,2 = + 6.7 с.

10. Поправки моментов неисправленного полудня из наблюдений Солнца на равных высотах.

Поправки, данные жирным шрифтом, имеют отрицательный знак.

t=2 ч. *Продолжение.*

φ / Дата.	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°
	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.
Янв. . . 1	**3.5**	**3.6**	**3.8**	**4.0**	**4.2**	**4.5**	**4.7**	**5.0**	**5.3**	**5.6**	**6.0**	**6.4**	**6.9**
9	**6.2**	**6.5**	**6.8**	**7.2**	**7.5**	**7.9**	**8.4**	**8.9**	**9.4**	**10.0**	**10.5**	**11.3**	**12.1**
17	**8.4**	**8.8**	**9.3**	**9.8**	**10.3**	**10.8**	**11.4**	**12.1**	**12.9**	**13.6**	**14.5**	**15.5**	**16.6**
25	**10.4**	**11.0**	**11.5**	**12.2**	**12.8**	**13.6**	**14.3**	**15.2**	**16.1**	**17.1**	**18.3**	**19.5**	**20.9**
Февр. . 2	**11.9**	**12.5**	**13.3**	**14.0**	**14.9**	**15.7**	**16.6**	**17.6**	**18.7**	**19.8**	**21.3**	**22.7**	**24.4**
10	**12.9**	**13.6**	**14.4**	**15.3**	**16.1**	**17.1**	**18.2**	**19.3**	**20.5**	**21.9**	**23.4**	**25.1**	**27.0**
18	**13.5**	**14.3**	**15.1**	**16.0**	**17.0**	**18.1**	**19.2**	**20.4**	**21.8**	**23.2**	**24.9**	**26.7**	**28.8**
26	**13.7**	**14.6**	**15.5**	**16.5**	**17.5**	**18.6**	**19.8**	**21.1**	**22.5**	**24.2**	**25.9**	**27.9**	**30.1**
Март . . 5	**13.4**	**14.3**	**15.2**	**16.2**	**17.3**	**18.5**	**19.7**	**21.1**	**22.5**	**24.2**	**26.0**	**28.0**	**30.3**
13	**13.1**	**13.9**	**14.9**	**15.8**	**17.0**	**18.2**	**19.4**	**20.8**	**22.4**	**24.0**	**25.9**	**28.0**	**30.3**
21	**12.4**	**13.3**	**14.3**	**15.3**	**16.4**	**17.6**	**18.9**	**20.3**	**21.8**	**23.5**	**25.3**	**27.5**	**29.8**
29	**11.3**	**12.2**	**13.2**	**14.2**	**15.3**	**16.4**	**17.7**	**19.1**	**20.6**	**22.2**	**24.0**	**26.1**	**28.4**
Апр. . . 5	**10.5**	**11.4**	**12.3**	**13.3**	**14.4**	**15.5**	**16.7**	**18.1**	**19.5**	**21.1**	**22.9**	**24.9**	**27.2**
13	**9.4**	**10.2**	**11.1**	**12.1**	**13.1**	**14.2**	**15.3**	**16.6**	**18.0**	**19.6**	**21.3**	**23.2**	**25.4**
21	**8.1**	**8.9**	**9.8**	**10.6**	**11.6**	**12.6**	**13.7**	**14.9**	**16.2**	**17.7**	**19.3**	**21.1**	**23.1**
29	**7.0**	**7.7**	**8.4**	**9.3**	**10.1**	**11.1**	**12.1**	**13.3**	**14.4**	**15.7**	**17.2**	**18.8**	**20.7**
Май . . 7	**5.7**	**6.4**	**7.1**	**7.8**	**8.5**	**9.4**	**10.3**	**11.2**	**12.3**	**13.5**	**14.8**	**16.2**	**17.9**
15	**4.6**	**5.1**	**5.7**	**6.3**	**7.0**	**7.7**	**8.5**	**9.3**	**10.2**	**11.2**	**12.3**	**13.6**	**15.0**
23	**3.5**	**3.9**	**4.4**	**4.9**	**5.5**	**6.0**	**6.7**	**7.3**	**8.1**	**8.9**	**9.8**	**10.8**	**11.9**
31	**2.5**	**2.8**	**3.2**	**3.6**	**4.0**	**4.4**	**4.9**	**5.4**	**5.9**	**6.5**	**7.2**	**8.0**	**8.8**
Июнь . . 8	**1.6**	**1.8**	**2.0**	**2.3**	**2.5**	**2.8**	**3.1**	**3.4**	**3.8**	**4.2**	**4.6**	**5.1**	**5.6**
16	**0.6**	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1.0**	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.5**	**1.6**	**1.8**	**2.0**	**2.2**
24	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0

10. Поправки моментов неисправленного полудня из наблюдений Солнца на равных высотах.

Поправки, данные жирным шрифтом, имеют отрицательный знак.

t=2 ч. *Продолжение.*

Дата. \ φ		38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°
		с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.
Июль	2	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9	4.3
	10	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.5	5.0	5.5	6.1	6.8	7.5
	18	3.1	3.5	3.9	4.3	4.8	5.3	5.9	6.5	7.2	7.9	8.7	9.6	10.6
	26	4.2	4.7	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.6	9.4	10.4	11.4	12.5	13.8
Август .	3	5.2	5.8	6.5	7.1	7.9	8.6	9.5	10.4	11.4	12.5	13.7	15.1	16.7
	11	6.5	7.1	7.9	8.6	9.5	10.4	11.3	12.4	13.5	14.8	16.1	17.7	19.5
	19	7.5	8.3	9.1	9.9	10.9	11.8	12.8	14.0	15.2	16.6	18.1	19.8	21.9
	27	8.7	9.6	10.3	11.3	12.2	13.3	14.4	15.6	17.0	18.5	20.1	21.9	24.0
Сентябрь	4	9.9	10.8	11.7	12.6	13.6	14.7	15.9	17.2	18.7	20.2	22.0	23.9	26.1
	12	10.9	11.8	12.7	13.7	14.7	15.9	17.1	18.5	19.9	21.5	23.3	25.3	27.6
	20	11.8	12.7	13.7	14.7	15.8	16.9	18.2	19.6	21.1	22.6	24.5	26.6	28.9
	28	12.6	13.5	14.5	15.5	16.6	17.7	19.0	20.4	21.9	23.4	25.3	27.4	29.7
Октябрь	6	13.2	14.1	15.0	16.0	17.1	18.3	19.5	20.9	22.3	23.9	25.8	27.8	30.1
	14	13.4	14.3	15.2	16.2	17.2	18.3	19.5	20.8	22.3	23.8	25.6	27.6	29.8
	22	13.4	14.2	15.1	16.0	17.0	18.0	19.2	20.4	21.8	23.3	24.9	26.8	28.9
	30	13.0	13.8	14.6	15.5	16.4	17.4	18.4	19.6	20.8	22.3	23.8	25.5	27.5
Ноябрь .	7	12.3	12.9	13.7	14.4	15.3	16.2	17.1	18.2	19.3	20.6	22.0	23.5	25.3
	15	11.0	11.6	12.2	12.9	13.6	14.4	15.2	16.1	17.1	18.2	19.4	20.7	22.3
	23	9.2	9.7	10.2	10.7	11.3	11.9	12.6	13.3	14.2	15.0	16.0	17.1	18.3
Декабрь	1	7.1	7.4	7.8	8.2	8.7	9.1	9.6	10.2	10.8	11.4	12.2	13.0	13.9
	9	4.4	4.6	4.9	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.7	7.1	7.5	8.1	8.6
	17	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2
	25	**1.1**	**1.1**	**1.2**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6**	**1.7**	**1.8**	**1.8**	**2.0**	**2.1**

10. Поправки моментов неисправленного полудня из наблюдений Солнца на равных высотах.

Поправки, данные жирным шрифтом, имеют отрицательный знак.

t=3 ч. *Продолжение.*

Дата \ φ		38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°
		с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.
Янв. . .	1	**3.5**	**3.7**	**3.9**	**4.1**	**4.3**	**4.6**	**4.8**	**5.1**	**5.4**	**5.8**	**6.2**	**6.6**	**7.1**
	9	**6.2**	**6.5**	**6.9**	**7.3**	**7.7**	**8.1**	**8.6**	**9.1**	**9.6**	**10.3**	**10.9**	**11.7**	**12.5**
	17	**8.4**	**8.9**	**9.4**	**9.9**	**10.4**	**11.0**	**11.7**	**12.4**	**13.2**	**14.0**	**15.0**	**16.0**	**17.1**
	25	**10.5**	**11.0**	**11.7**	**12.3**	**13.0**	**13.7**	**14.6**	**15.5**	**16.5**	**17.6**	**18.8**	**20.1**	**21.6**
Февр. .	2	**12.0**	**12.7**	**13.5**	**14.2**	**15.1**	**16.0**	**17.0**	**18.0**	**19.2**	**20.5**	**21.9**	**23.5**	**25.3**
	10	**13.1**	**13.9**	**14.7**	**15.6**	**16.6**	**17.6**	**18.7**	**19.9**	**21.2**	**22.6**	**24.2**	**26.0**	**28.0**
	18	**13.7**	**14.6**	**15.5**	**16.5**	**17.5**	**18.6**	**19.8**	**21.1**	**22.5**	**24.1**	**25.9**	**27.8**	**30.0**
	26	**14.1**	**15.0**	**16.0**	**17.0**	**18.1**	**19.3**	**20.6**	**22.0**	**23.5**	**25.2**	**27.0**	**29.1**	**31.5**
Март . .	5	**13.9**	**14.9**	**15.9**	**16.9**	**18.1**	**19.3**	**20.6**	**22.0**	**23.6**	**25.4**	**27.2**	**29.4**	**31.8**
	13	**13.6**	**14.6**	**15.6**	**16.7**	**17.8**	**19.1**	**20.5**	**21.9**	**23.5**	**25.3**	**27.2**	**29.4**	**31.9**
	21	**13.1**	**14.1**	**15.1**	**16.2**	**17.4**	**18.7**	**20.0**	**21.5**	**23.1**	**24.9**	**26.9**	**29.1**	**31.6**
	29	**12.2**	**13.1**	**14.1**	**15.2**	**16.3**	**17.6**	**18.9**	**20.4**	**22.0**	**23.7**	**25.6**	**27.8**	**30.2**
Апр. . .	5	**11.4**	**12.3**	**13.3**	**14.4**	**15.5**	**16.7**	**18.0**	**19.4**	**21.0**	**22.7**	**24.6**	**26.7**	**29.1**
	13	**10.4**	**11.3**	**12.2**	**13.2**	**14.3**	**15.4**	**16.7**	**18.1**	**19.6**	**21.2**	**23.0**	**25.0**	**27.3**
	21	**9.2**	**10.0**	**10.9**	**11.8**	**12.8**	**13.9**	**15.1**	**16.4**	**17.7**	**19.3**	**21.0**	**22.9**	**25.0**
	29	**7.9**	**8.7**	**9.5**	**10.4**	**11.3**	**12.3**	**13.4**	**14.5**	**15.8**	**17.2**	**18.8**	**20.5**	**22.5**
Май . .	7	**6.6**	**7.3**	**8.0**	**8.8**	**9.6**	**10.5**	**11.5**	**12.5**	**13.6**	**14.9**	**16.2**	**17.8**	**19.5**
	15	**5.4**	**6.0**	**6.6**	**7.3**	**8.0**	**8.7**	**9.5**	**10.4**	**11.4**	**12.4**	**13.6**	**14.9**	**16.4**
	23	**4.2**	**4.6**	**5.1**	**5.7**	**6.2**	**6.9**	**7.5**	**8.2**	**9.0**	**9.9**	**10.8**	**11.9**	**13.1**
	31	**3.0**	**3.4**	**3.7**	**4.1**	**4.6**	**5.1**	**5.6**	**6.1**	**6.6**	**7.3**	**8.1**	**8.8**	**9.8**
Июнь .	8	**1.9**	**2.1**	**2.4**	**2.7**	**2.9**	**3.2**	**3.5**	**3.9**	**4.2**	**4.7**	**5.1**	**5.6**	**6.2**
	16	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1.0**	**1.1**	**1.2**	**1.4**	**1.5**	**1.7**	**1.8**	**2.0**	**2.2**	**2.4**
	24	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	**0.7**	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1

10. Поправки моментов неисправленного полудня из наблюдений Солнца на равных высотах.

Поправки, данные жирным шрифтом, имеют отрицательный знак.

t=3 ч. *Продолжение.*

φ / Дата.		38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°
		с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.
Июль .	2	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.4	4.9
	10	2.6	2.9	3.2	3.6	4.0	4.3	4.8	5.2	5.7	6.3	6.9	7.6	8.4
	18	3.8	4.2	4.7	5.1	5.7	6.2	6.8	7.4	8.1	8.9	9.8	10.7	11.8
	26	5.0	5.5	6.1	6.7	7.4	8.1	8.8	9.6	10.5	11.5	12.6	13.8	15.3
Август .	3	6.1	6.8	7.4	8.2	9.0	9.8	10.7	11.7	12.7	13.9	15.2	16.7	18.3
	11	7.4	8.1	8.9	9.7	10.6	11.5	12.6	13.7	14.9	16.2	17.7	19.4	21.2
	19	8.5	9.3	10.2	11.0	12.0	13.1	14.2	15.4	16.7	18.2	19.8	21.6	23.6
	27	9.6	10.5	11.4	12.4	13.4	14.5	15.7	17.0	18.4	20.0	21.7	23.7	25.9
Сентябрь	4	10.8	11.7	12.6	13.7	14.8	15.9	17.2	18.6	20.1	21.7	23.6	25.6	28.0
	12	11.8	12.7	13.7	14.8	15.9	17.1	18.4	19.8	21.4	23.1	25.0	27.1	29.5
	20	12.7	13.6	14.5	15.7	16.8	18.0	19.4	20.8	22.4	24.2	26.1	28.2	30.7
	28	13.3	14.2	15.2	16.3	17.4	18.7	20.0	21.5	23.1	24.8	26.7	28.9	31.3
Октябрь	6	13.7	14.6	15.7	16.7	17.9	19.1	20.4	21.8	23.4	25.1	27.0	29.2	31.6
	14	13.9	14.8	15.8	16.8	17.9	19.1	20.4	21.7	23.3	24.9	26.7	28.9	31.2
	22	13.7	14.5	15.5	16.5	17.5	18.6	19.8	21.1	22.6	24.1	25.9	27.9	30.1
	30	13.3	14.1	14.9	15.8	16.8	17.9	18.9	20.2	21.5	23.0	24.7	26.5	28.6
Ноябрь .	7	12.4	13.1	13.9	14.7	15.6	16.5	17.6	18.7	19.9	21.2	22.7	24.4	26.2
	15	11.1	11.7	12.4	13.1	13.8	14.7	15.5	16.5	17.5	18.7	19.9	21.4	23.0
	23	9.2	9.7	10.3	10.9	11.4	12.1	12.8	13.6	14.4	15.4	16.4	17.6	18.9
Декабрь	1	7.1	7.5	7.9	8.3	8.8	9.2	9.8	10.4	11.0	11.7	12.5	13.4	14.3
	9	4.4	4.6	4.9	5.1	5.4	5.7	6.1	6.4	6.8	7.2	7.7	8.3	8.9
	17	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3
	25	**1.1**	**1.2**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.4**	**1.5**	**1.6**	**1.7**	**1.8**	**1.9**	**2.1**	**2.2**

10. Поправки моментов неисправленного полудня из наблюдений Солнца на равных высотах.

Поправки, данные жирным шрифтом, имеют отрицательный знак.

t=4 ч. *Продолжение.*

Дата. \ φ		38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°
		с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.
Янв. . .	1	**3.5**	**3.7**	**3.9**	**4.1**	**4.4**	**4.6**	**4.9**	**5.2**	**5.6**	**6.0**	**6.4**	**6.8**	**7.3**
	9	**6.2**	**6.6**	**6.9**	**7.4**	**7.8**	**8.3**	**8.8**	**9.3**	**10.0**	**10.6**	**11.4**	**12.2**	**13.1**
	17	**8.4**	**8.9**	**9.4**	**10.0**	**10.6**	**11.3**	**12.0**	**12.7**	**13.5**	**14.5**	**15.5**	**16.7**	**17.9**
	25	**10.6**	**11.2**	**11.9**	**12 6**	**13.4**	**14.2**	**15.1**	**16.1**	**17.2**	**18.3**	**19.6**	**21.1**	**22.8**
Февр. .	2	**12.2**	**13.0**	**13.8**	**14.7**	**15.6**	**16.6**	**17.6**	**18.8**	**20.0**	**21.4**	**23.0**	**24.7**	**26.7**
	10	**13.5**	**14.3**	**15.2**	**16.2**	**17.2**	**18.3**	**19.6**	**20.8**	**22.3**	**23.9**	**25.5**	**27.5**	**29.7**
	18	**14.3**	**15.2**	**16.2**	**17.2**	**18.4**	**19.5**	**20.9**	**22.3**	**23.8**	**25.6**	**27.4**	**29.6**	**31.9**
	26	**14.8**	**15.8**	**16.9**	**18.0**	**19.2**	**20.4**	**21.9**	**23.4**	**25.0**	**26.9**	**28.9**	**31.2**	**33.7**
Март . .	5	**14.8**	**15.8**	**17.0**	**18.1**	**19.3**	**20.7**	**22.1**	**23.7**	**25.3**	**27.2**	**29.3**	**31.7**	**34.4**
	13	**14.6**	**15.7**	**16.8**	**18.0**	**19.2**	**20.6**	**22.1**	**23.7**	**25.4**	**27.3**	**29.5**	**31.9**	**34.5**
	21	**14.3**	**15.4**	**16.5**	**17.7**	**18.9**	**20.3**	**21.8**	**23.4**	**25.2**	**27.1**	**29.3**	**31.7**	**34.4**
	29	**13.5**	**14.5**	**15.7**	**16.8**	**18.1**	**19.4**	**20.9**	**22.4**	**24.2**	**26.1**	**28.2**	**30.5**	**33.2**
Апр. . .	5	**12.8**	**13.8**	**14.9**	**16.0**	**17.3**	**18.6**	**20.0**	**21.6**	**23.3**	**25.1**	**27.2**	**29.5**	**32.1**
	13	**11.8**	**12.8**	**13.8**	**14.9**	**16.1**	**17.4**	**18.7**	**20.2**	**21.8**	**23.6**	**25.6**	**27.8**	**30.3**
	21	**10.7**	**11 6**	**12.5**	**13.6**	**14.7**	**15.8**	**17.1**	**18.5**	**20.0**	**21.7**	**23.5**	**25.6**	**27.9**
	29	**9.4**	**10.2**	**11.1**	**12.0**	**13.0**	**14.1**	**15.3**	**16.6**	**17.9**	**19.5**	**21.2**	**23.1**	**25.2**
Май . .	7	**8.1**	**8.8**	**9.6**	**10.4**	**11.3**	**12.3**	**13.3**	**14.4**	**15.7**	**17.0**	**19.5**	**20.2**	**22.1**
	15	**6.6**	**7.2**	**7.9**	**8.6**	**9.4**	**10.2**	**11.1**	**12.0**	**13.1**	**14.2**	**15.6**	**17.0**	**18.6**
	23	**5.3**	**5.8**	**6.4**	**7.0**	**7.6**	**8.2**	**9.0**	**9.7**	**10.6**	**11.6**	**12.6**	**13.8**	**15.1**
	31	**3.8**	**4.2**	**4.6**	**5.0**	**5.5**	**6.0**	**6.5**	**7.1**	**7.7**	**8.5**	**9.3**	**10.1**	**11.1**
Июнь .	8	**2.5**	**2.7**	**2.9**	**3.2**	**3.5**	**3.8**	**4.2**	**4.5**	**5.0**	**5.4**	**6.0**	**6.5**	**7.1**
	16	**0.9**	**1.0**	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.5**	**1.6**	**1.7**	**1.9**	**2.1**	**2.3**	**2.5**	**2.8**
	24	0.4	0.5	0.5	0,6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2

10. Поправки моментов неисправленного полудня из наблюдений Солнца на равных высотах.

Поправки, данные жирным шрифтом, имеют отрицательный знак.

t=4 ч. *Продолжение.*

Дата \ φ	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°
	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.
Июль . 2	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	5.1	5.6
10	3.4	3.7	4.1	4.4	4.8	5.3	5.7	6.2	6.8	7.4	8.1	8.8	9.7
18	4.7	5.2	5.7	6.2	6.8	7.3	8.0	8.7	9.4	10.3	11.2	12.3	13.5
26	6.1	6.7	7.3	8.0	8.7	9.5	10.3	11.2	12.2	13.3	14.5	15.8	17.3
Август . 3	7.5	8.2	8.9	9.7	10.5	11.4	12.4	13.4	14.6	15.9	17.3	18.9	20.7
11	8.8	9.6	10.4	11.3	12.3	13.3	14.4	15.6	16.9	18.4	20.0	21.8	23.8
19	10.0	10.8	11.8	12.7	13.8	14.9	16.1	17.5	18.9	20.5	22.2	24.2	26.4
27	11.1	12.1	13.1	14.1	15.2	16.4	17.7	19.2	20.7	22.4	24.3	26.4	28.8
Сентябрь 4	12.2	13.2	14.2	15.3	16.5	17.8	19.2	20.6	22.3	24.1	26.1	28.3	30.9
12	13.1	14.1	15.2	16.3	17.6	18.9	20.3	21.9	23.6	25.4	27.5	29.8	32.4
20	13.8	14.9	15.9	17.1	18.4	19.7	21.2	22.7	24.5	26.4	28.5	30.8	33.5
28	14.3	15.3	16.4	17.6	18.9	20.2	21.7	23.2	25.0	26.9	29.0	31.3	34.0
Октябрь 6	14.7	15.7	16.8	17.9	19.2	20.5	21.9	23.5	25.2	27.1	29.2	31.5	34.2
14	14.6	15.6	16.7	17.8	19.0	20.3	21.7	23.2	24.8	26.7	28.7	31.0	33.5
22	14.3	15.2	16.2	17.3	18.4	19.6	20.9	22.4	24.0	25.7	27.6	29.7	32.2
30	13.7	14.6	15.5	16.5	17.6	18.7	20.0	21.3	22.8	24.4	26.2	28.2	30.4
Ноябрь . 7	12.6	13.4	14.2	15.1	16.1	17.1	18.2	19.4	20.7	22.2	23.8	25.6	27.6
15	11.1	11.9	12.6	13.4	14.1	15.0	16.0	17.0	18.2	19.4	20.8	22.4	24.1
23	9.3	9.9	10.5	11.1	11.8	12.5	13.3	14.1	15.0	16.0	17.2	18.4	19.9
Декабрь 1	7.1	7.5	7.9	8.4	8.9	9.4	10.0	10.6	11.3	12.1	12.9	13.9	14.9
9	4.4	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8	6.2	6.6	7.0	7.5	8.0	8.6	9.3
17	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2	3.5
25	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6**	**1.7**	**1.8**	**1.9**	**2.0**	**2.2**	**2.3**

10. Поправки моментов неисправленного полудня из наблюдений Солнца на равных высотах.

Поправки, данные жирным шрифтом, имеют отрицательный знак.

t=5 ч. *Продолжение.*

Дата. \ φ		38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°
		с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.
Янв. . .	1	**3.5**	**3.7**	**3.9**	**4.2**	**4.5**	**4.8**	**5.1**	**5.4**	**5.8**	**6.2**	**6.7**	**7.2**	**7.8**
	9	**6.2**	**6.6**	**7.0**	**7.5**	**8.0**	**8.5**	**9.1**	**9.7**	**10.4**	**11.1**	**11.9**	**12.9**	**13.9**
	17	**8.6**	**9.2**	**9.8**	**10.4**	**11.1**	**11.8**	**12.5**	**13.4**	**14.4**	**15.4**	**16.5**	**17.8**	**19.3**
	25	**11.0**	**11.7**	**12.4**	**13.3**	**14.1**	**15.1**	**16.1**	**17.2**	**18.3**	**19.7**	**21.2**	**22.8**	**24.6**
Февр. .	2	**12.8**	**13.6**	**14.5**	**15.5**	**16.5**	**17.6**	**18.8**	**20.1**	**21.5**	**23.1**	**24.8**	**26.9**	**28.9**
	10	**14.1**	**15.1**	**16.1**	**17.2**	**18.3**	**19.6**	**20.9**	**22.4**	**23.9**	**25.7**	**27.7**	**29.9**	**32.3**
	18	**15.2**	**16.2**	**17.3**	**18.5**	**19.7**	**21.1**	**22.5**	**24.1**	**25.9**	**27.7**	**29.9**	**32.3**	**35.0**
	26	**15.8**	**17.0**	**18.1**	**19.4**	**20.7**	**22.2**	**23.7**	**25.4**	**27.3**	**29.3**	**31.6**	**34.1**	**37.0**
Март . .	5	**16.0**	**17.2**	**18.4**	**19.7**	**21.1**	**22.6**	**24.2**	**25.9**	**27.9**	**30.0**	**32.3**	**34.9**	**37.8**
	13	**16.2**	**17.3**	**18.6**	**19.9**	**21.3**	**22.8**	**24.5**	**26.3**	**28.2**	**30.3**	**32.8**	**35.5**	**38.4**
	21	**16.0**	**17.2**	**18.5**	**19.8**	**21.2**	**22.7**	**24.4**	**26.2**	**28.2**	**30.3**	**32.8**	**35.5**	**38.6**
	29	**15.4**	**16.6**	**17.8**	**19.1**	**20.5**	**22.0**	**23.6**	**25.4**	**27.3**	**29.5**	**31.8**	**34.5**	**37.5**
Апр. . .	5	**14.9**	**16.0**	**17.2**	**18.5**	**19.9**	**21.4**	**22.9**	**24.7**	**26.6**	**28.7**	**31.0**	**33.6**	**36.5**
	13	**13.9**	**15.0**	**16.2**	**17.4**	**18.7**	**20.0**	**21.7**	**23.3**	**25.1**	**27.1**	**29.3**	**31.8**	**34.6**
	21	**12.7**	**13.8**	**14.8**	**16.0**	**17.2**	**18.5**	**20.0**	**21.5**	**23.2**	**25.1**	**27.2**	**29.5**	**32.1**
	29	**11.4**	**12.4**	**13.3**	**14.4**	**15.5**	**16.7**	**18.1**	**19.5**	**21.0**	**22.7**	**24.6**	**26.7**	**29.1**
Май . .	7	**10.1**	**10.9**	**11.8**	**12.7**	**13.7**	**14.8**	**15.9**	**17.2**	**18.6**	**20.1**	**21.8**	**23.6**	**25.8**
	15	**8.5**	**9.2**	**9.9**	**10.7**	**11.6**	**12.5**	**13.5**	**14.5**	**15.7**	**17.0**	**18.4**	**20.1**	**21.9**
	23	**6.8**	**7.3**	**7.9**	**8.6**	**9.3**	**10.0**	**10.8**	**11.7**	**12.7**	**13.7**	**14.9**	**16.2**	**17.7**
	31	**5.0**	**5.5**	**5.9**	**6.4**	**6.9**	**7.5**	**8.1**	**8.8**	**9.5**	**10.3**	**11.1**	**12.1**	**13.2**
Июнь .	8	**3.2**	**3.5**	**3.8**	**4.1**	**4.4**	**4.8**	**5.2**	**5.6**	**6.1**	**6.6**	**7.1**	**7.8**	**8.5**
	16	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6**	**1.7**	**1.9**	**2.0**	**2.2**	**2.4**	**2.6**	**2.8**	**3.0**	**3.3**
	24	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.2	1.2	1.3	1.5

10. Поправки моментов неисправленного полудня из наблюдений Солнца на равных высотах.

Поправки, данные жирным шрифтом, имеют отрицательный знак.

t=5 ч. *Продолжение.*

Дата. \ φ		38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°
		с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.
Июль . .	2	2.5	2.7	3.0	3.2	3.4	3.7	4.0	4.4	4.7	5.1	5.6	6.1	6.6
	10	4.3	4.7	5.1	5.5	5.9	6.4	7.0	7.5	8.1	8.8	9.6	10.4	11.4
	18	6.0	6.5	7.1	7.7	8.3	9.0	9.7	10.5	11.3	12.3	13.3	14.5	15.8
	26	7.7	8.4	9.1	9.8	10.6	11.5	12.4	13.4	14.5	15.7	17.0	18.5	20.2
Август .	3	9.3	10.1	10.9	11.7	12.7	13.7	14.8	16.0	17.3	18.7	20.3	22.1	24.0
	11	10.8	11.6	12.6	13.6	14.6	15.8	17.1	18.4	19.9	21.5	23.3	25.3	27.5
	19	12.0	13.0	14.0	15.1	16.3	17.5	18.9	20.4	22.0	23.7	25.7	28.0	30.4
	27	13.3	14.3	15.4	16.6	17.9	19 2	20.7	22.2	24.0	25.9	28.0	30.4	33.1
Сентябрь	4	14.3	15.4	16.5	17.8	19.1	20.5	22.1	23.8	25.6	27.6	29.9	32.4	35.2
	12	15.1	16.2	17.4	18.7	20.1	21.5	23.1	24.9	26.8	28.9	31.2	33.8	36.7
	20	15.6	16.7	18.0	19.3	20.7	22.2	23.8	25.6	27.5	29.7	32.0	34.7	37.7
	28	15.9	17.1	18.2	19.6	21.0	22.5	24.1	25.9	27.8	30.0	32.3	34.9	38.0
Октябрь	6	16.0	17.2	18.4	19.7	21.0	22.6	24.2	25.9	27.8	30.0	32.2	34.8	37.8
	14	15.7	16.9	18.0	19.3	20.6	22.1	23.6	25.3	27.2	29.2	31.5	34.0	36.9
	22	15.2	16.3	17.4	18.6	19.8	21.2	22.7	24.3	26.0	28.0	30.1	32.5	35.3
	30	14.5	15.4	16.5	17.6	18.8	20 1	21.4	22.9	24.6	26.4	28.4	30.6	33.1
Ноябрь .	7	13.2	14.0	15.0	16.0	17.1	18.2	19.4	20.8	22.3	23.9	25.7	27.8	30.0
	15	11.5	12.3	13.1	14.0	14.9	15.9	17.0	18.2	19.4	20.8	22.4	24.2	26.1
	23	9.4	10,0	10.8	11.4	12.1	13.0	13,9	14.8	15.9	17.0	18.2	19.7	21.3
Декабрь	1	7.1	7.6	8.0	8.6	9 2	9.7	10.4	11.1	11.9	12.8	13.7	14.8	16.0
	9	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	6.0	6.4	6.9	7.3	7.9	8.4	9.1	9.8
	17	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.7
	25	**1.2**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.5**	**1.6**	**1.8**	**1.9**	**2.0**	**2.2**	**2.4**	**2.5**

11. Часы, минуты и секунды в долях суток.

Часы в долях суток.		Минуты в долях суток.				Секунды в долях суток.	
1	0.041667	1	0.000694	31	0.021528	1	0.000012
2	0.083333	2	0.001389	32	0.022222	2	0.000023
3	0.125000	3	0.002083	33	0.022917	3	0.000035
4	0.166667	4	0.002778	34	0.023611	4	0.000046
5	0.208333	5	0.003472	35	0.024305	5	0.000058
6	0.250000	6	0.004167	36	0.025000	6	0.000069
7	0.291667	7	0.004861	37	0.025694	7	0.000081
8	0.333333	8	0.005556	38	0.026389	8	0.000093
9	0.375000	9	0.006250	39	0.027083	9	0.000104
10	0.416667	10	0.006944	40	0.027778	10	0.000116
11	0.458333	11	0.007639	41	0.028472	11	0.000127
12	0.500000	12	0.008333	42	0.029167	12	0.000139
13	0.541667	13	0.009028	43	0.029861	13	0.000150
14	0.583333	14	0.009722	44	0.030556	14	0.000162
15	0.625000	15	0.010417	45	0.031250	15	0.000174
16	0.666667	16	0.011111	46	0.031944	16	0.000185
17	0.708333	17	0.011805	47	0.032639	17	0.000197
18	0.750000	18	0.012500	48	0.033333	18	0.000208
19	0.791667	19	0.013194	49	0.034028	19	0.000220
20	0.833333	20	0.013889	50	0.034722	20	0.000231
21	0.875000	21	0.014583	51	0.035417	30	0.000347
22	0.916667	22	0.015278	52	0.036111	40	0.000463
23	0.958333	23	0 015972	53	0.036805	50	0.000579
24	1.000000	24	0.016667	54	0.037500	60	0.000694
		25	0.017361	55	0.038194		
		26	0.018055	56	0.038889		
		27	0.018750	57	0.039583		
		28	0.019444	58	0.040278		
		29	0.020139	59	0.040972		
		30	0.020833	60	0.041667		

12. Дни Юлианского периода

протекшие к 0 числу каждого месяца с 1891 по 1950.

Суточный счет Юлианских дней ведется от средн. Гриничск. полудня.

Год.	Январь.		Февраль.	Март.	Апрель.	Май.	Июнь.	Июль.	Август.	Сентябрь.	Октябрь.	Ноябрь.	Декабрь.
1891	2411	733	764	792	823	853	884	914	945	976	*006	*037	*067
1892	2412	098	129	158	189	219	250	280	311	342	372	403	433
1893		464	495	523	554	584	615	645	676	707	737	768	798
1894		829	860	888	919	949	980	*010	*041	*072	*102	*133	*163
1895	2413	194	225	253	284	314	345	375	406	437	467	498	528
1896		559	590	619	650	680	711	741	772	803	833	864	894
1897		925	956	984	*015	*045	*076	*106	*137	*168	*198	*229	*259
1898	2414	290	321	349	380	410	441	471	502	533	563	594	624
1899		655	686	714	745	775	806	836	867	898	928	959	989
1900	2415	020	051	079	110	140	171	201	232	263	293	324	354
1901		385	416	444	475	505	536	566	597	628	658	689	719
1902		750	781	809	840	870	901	931	962	993	*023	*054	*084
1903	2416	115	146	174	205	235	266	296	327	358	388	419	449
1904		480	511	540	571	601	632	662	693	724	754	785	815
1905		846	877	905	936	966	997	*027	*058	*089	*119	*150	*180
1906	2417	211	242	270	301	331	362	392	423	454	484	515	545
1907		576	607	635	666	696	727	757	788	819	840	880	910
1908		941	972	*001	*032	*062	*093	*123	*154	*185	*215	*246	*276
1909	2418	307	338	366	397	427	458	488	519	550	580	611	641
1910		672	703	731	762	792	823	853	884	915	945	976	*006
1911	2419	037	068	096	127	157	188	218	249	280	310	341	371
1912		402	433	462	493	523	554	584	615	646	676	707	737
1913		768	799	827	858	888	919	949	980	*011	*041	*072	*102
1914	2420	133	164	192	223	253	284	314	345	376	406	437	467
1915		498	529	557	588	618	649	679	710	741	771	802	832
1916		863	894	923	954	984	*015	*045	*076	*107	*137	*168	*198
1917	2421	229	260	288	319	349	380	410	441	472	502	533	563
1918		594	625	653	684	714	745	775	806	837	867	898	928
1919		959	990	*018	*049	*079	*110	*140	*171	*202	*232	*263	*293
1920	2422	324	355	384	415	445	476	506	537	568	598	629	659

12. Продолжение.

Год.	Январь.		Февраль.	Март.	Апрель.	Май.	Июнь.	Июль.	Август.	Сентябрь.	Октябрь.	Ноябрь.	Декабрь.
1921	2422	690	721	749	780	810	841	871	902	933	963	994	*024
1922	2423	055	086	114	145	175	206	236	267	298	328	359	389
1923		420	451	479	510	540	571	601	632	663	693	724	754
1924		785	816	845	876	906	937	967	998	*029	*059	*090	*120
1925	2424	151	182	210	241	271	302	332	363	394	424	455	485
1926		516	547	575	606	636	667	697	728	759	789	820	850
1927		881	912	940	971	*001	*032	*062	*093	*124	*154	*185	*215
1928	2425	246	277	306	337	367	398	428	459	490	520	551	581
1929		612	643	671	702	732	763	793	824	855	885	916	946
1930		977	*008	*036	*067	*097	*128	*158	*189	*220	*250	*281	*311
1931	2426	342	373	401	432	462	493	523	554	585	615	646	676
1932		707	738	767	798	828	859	889	920	951	981	*012	*042
1933	2427	073	104	132	163	193	224	254	285	316	346	377	407
1934		438	469	497	528	558	589	619	650	681	711	742	772
1935		803	834	862	893	923	954	984	*015	*046	*076	*107	*137
1936	2428	168	199	228	259	289	320	350	381	412	442	473	503
1937		534	565	593	624	654	685	715	746	777	807	838	868
1938		899	930	958	989	*019	*050	*080	*111	*142	*172	*203	*233
1939	2429	264	295	323	354	384	415	445	476	507	537	568	598
1940		629	660	689	720	750	781	811	842	873	903	934	964
1941		995	*026	*054	*085	*115	*146	*176	*207	*238	*268	*299	*329
1942	2430	360	391	419	450	480	511	541	572	603	633	664	694
1943		725	756	784	815	845	876	906	937	968	998	*029	*059
1944	2431	090	121	150	181	211	242	272	303	334	364	395	425
1945		456	487	515	546	576	607	637	668	699	729	760	790
1946		821	852	880	911	941	972	*002	*033	*064	*094	*125	*155
1947	2432	186	217	245	276	306	337	367	398	429	459	490	520
1948		551	582	611	642	672	703	733	764	795	825	856	886
1949		917	948	976	*007	*037	*068	*098	*129	*160	*190	*221	*251
1950	2433	282	313	341	372	402	433	463	494	525	555	586	616

13. Средняя рефракция

при температуре $+10^\circ C$ и давлении 760 *мм.*

Видим. высота.	R	Видим. высота.	R
° ′	′ ″	°	′ ″
0 0	34 23	10	5 17
0 20	30 22	11	4 49
0 40	27 3	12	4 26
1 0	24 16	13	4 6
1 20	21 55	14	3 48
1 40	19 55	15	3 32
2 0	18 12	16	3 19
2 20	16 43	17	3 7
2 40	15 26	18	2 56
3 0	14 19	19	2 47
3 20	13 20	20	2 38
3 40	12 27	22	2 22
4 0	11 41	24	2 9
4 20	10 59	26	1 58
4 40	10 22	28	1 48
5 0	9 48	30	1 40
5 30	9 4	35	1 22
6 0	8 25	40	1 9
6 30	7 51	45	0 58
7 0	7 21	50	0 48
7 30	6 55	60	0 33
8 0	6 32	70	0 21
8 30	6 10	80	0 10
9 10	5 50	90	0 0
9 30	5 33		

14. Относительное поглощение света атмосферой

в звездных величинах, при давлении 760 *мм.*

Видим. высота.	E	Видим. высота.	E
°		°	
1.0	5.08	6.0	1.55
1.2	4.74	6.5	1.43
1.4	4.43	7.0	1.33
1.6	4.15	7.5	1.23
1.8	3·90	8.0	1.15
2.0	3.68	8.5	1.08
2.2	3.47	9.0	1.01
2.4	3.28	9.5	0.95
2.6	3.11	10.0	0.90
2.8	2.96	10.5	0.85
3.0	2.81	11.0	0.81
3.2	2.68	12.0	0.73
3.4	2.56	13.0	0.66
3.6	2.44	14.0	0.60
3,8	2.34	15.0	0.55
4.0	2.24	20.0	0.37
4.2	2.15	25.0	0.27
4.4	2.06	30.0	0.19
4.6	1.98	35.0	0.15
4.8	1.91	40.0	0.11
5.0	1.84	50.0	0.06
5.2	1.77	60.0	0.03
5.4	1.71	70.0	0.01
5.6	1.65	80.0	0.00
5.8	1.60	90.0	0.00

— Для приближенной поправки рефракции на температуру и давление можно пользоваться формулой

$$R' = \frac{R}{2000}\left[2000 + 10\,(10 - t) + (p - 760)\right],$$

где t — температура в градусах Цельсия и p — давление в *мм.*

— При давлении p, поглощение $E' = E\,(p : 760)$.

15. Поправки на восход и заход Солнца.

Знаки поправок даны для момента восхода; для захода следует изменить знак поправки на обратный.

φ / Дата	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°	64°
	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.
Янв. 1	−70	−63	−57	−49	−42	−33	−23	−12	0	+14	+31	+51	+77
11	64	59	52	46	38	30	21	11	0	13	28	46	69
21	57	52	46	40	33	26	19	10	0	11	24	39	58
31	48	43	39	34	28	22	16	8	0	9	20	32	47
Февр. 10	38	34	31	27	22	17	12	7	0	7	15	25	36
20	28	25	22	19	16	13	9	5	0	5	11	17	26
Март 2	18	16	14	12	10	8	6	3	0	3	7	10	16
12	− 8	− 7	− 6	− 5	− 4	− 3	− 2	− 1	0	+ 1	+ 3	+ 4	+ 6
22	+ 3	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 1	+ 1	0	0	0	− 1	− 2	− 3
Апр. 1	13	12	11	9	8	6	4	+ 2	0	− 2	5	8	12
11	13	21	19	16	13	10	7	4	0	4	9	15	21
21	33	30	27	23	19	15	11	6	0	6	14	22	31
Май 1	43	40	35	31	26	20	14	7	0	8	18	29	42
11	53	49	43	38	32	25	17	9	0	11	23	38	55
21	63	57	51	44	37	29	21	11	0	13	28	46	69
31	70	64	58	50	42	33	24	13	0	15	32	54	83
Июнь 10	76	69	62	54	46	36	26	14	0	16	36	61	94
20	78	71	64	56	47	38	27	14	0	17	38	64	101
30	77	70	63	55	47	37	26	14	0	16	37	62	97
Июль 10	72	66	59	52	44	35	24	13	0	15	34	57	86
20	66	60	53	47	39	31	22	12	0	13	29	49	73
30	67	52	46	40	34	27	19	10	0	11	25	41	60
Авг. 9	47	43	38	33	28	22	15	8	0	9	20	33	48
19	37	34	30	26	22	17	12	6	0	7	15	25	36
29	27	25	22	19	16	12	9	5	0	5	11	17	25
Сент. 8	17	16	14	12	10	8	6	3	0	3	7	10	15
18	+ 7	+ 6	+ 6	+ 5	+ 4	+ 3	+ 2	+ 1	0	− 1	− 3	− 4	− 6
28	− 3	− 3	− 2	− 2	− 2	− 1	− 1	0	0	+ 1	+ 1	+ 2	+ 2
Окт. 8	13	12	11	9	7	6	4	− 2	0	2	5	7	11
18	23	21	19	16	13	10	7	4	0	4	9	14	20
28	33	30	27	23	19	15	10	5	0	6	13	21	30
Нояб. 7	43	39	35	30	25	20	14	7	0	8	18	28	41
17	53	48	43	37	31	24	17	9	0	10	22	36	52
27	61	56	50	43	36	28	20	11	0	12	26	43	63
Дек. 7	67	61	55	48	40	32	22	12	0	14	30	49	73
17	71	65	58	50	42	34	24	13	0	15	32	52	80
27	−71	−65	−58	−50	−42	−34	−24	−13	0	+15	+32	+52	+80

16. Поправки на восход и заход Луны.

Знаки поправок даны для момента восхода; для захода следует изменить знак поправки на обратный.

t \ φ	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°	64°
ч. м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.
2 40	−104	−96	−86	−76	−65	−52	−37	−21	0	+25	+60	+134	—
2 50	98	90	81	71	60	48	35	19	0	23	53	100	—
3 0	92	84	76	66	56	44	32	17	0	21	48	85	—
3 10	86	79	71	62	52	41	30	16	0	19	43	74	+125
3 20	81	74	66	58	49	38	27	15	0	17	38	65	104
3 30	76	69	62	54	45	36	25	14	0	16	34	58	90
3 40	71	64	57	50	42	33	23	13	0	15	31	52	79
3 50	65	59	53	46	39	30	21	12	0	13	28	47	70
4 0	60	55	49	43	36	28	20	11	0	12	25	42	63
4 10	55	50	45	39	33	26	18	10	0	11	23	38	56
4 20	50	45	41	36	30	23	16	9	0	10	21	34	50
4 30	45	41	37	32	27	21	15	8	0	9	19	30	45
4 40	40	37	33	29	25	19	13	7	0	8	17	26	39
4 50	36	33	29	25	21	17	12	6	0	7	15	23	34
5 0	31	29	25	22	18	14	10	5	0	6	13	20	29
5 10	27	24	22	19	16	12	8	4	0	5	11	17	25
5 20	23	20	18	16	13	10	7	4	0	4	9	14	20
5 30	18	17	15	13	10	8	5	3	0	3	7	11	16
5 40	14	13	11	10	8	6	4	2	0	3	5	8	12
5 50	10	9	8	7	5	4	3	1	0	2	4	6	8
6 0	5	5	4	4	3	− 2	− 2	− 1	0	+ 1	+ 2	3	5
6 10	− 1	− 1	− 1	− 1	− 1	0	0	0	0	0	0	+ 1	+ 1
6 20	+ 3	+ 3	+ 3	+ 2	+ 2	+ 1	+ 1	0	0	− 1	− 2	− 2	− 3
6 30	8	7	6	5	4	3	2	+ 1	0	1	3	5	6
6 40	12	11	10	8	7	5	4	2	0	2	5	7	10
6 50	16	15	13	11	9	7	5	2	0	3	6	10	14
7 0	21	19	17	14	12	9	6	3	0	4	8	13	18
7 10	25	23	20	17	15	11	8	4	0	5	10	16	23
7 20	29	27	24	20	17	13	9	5	0	6	12	19	27
7 30	34	31	27	23	19	15	11	6	0	6	14	22	32
7 40	38	35	31	27	23	18	13	7	0	7	16	25	37
7 50	+ 43	+39	+35	+31	+26	+20	+14	+ 7	0	− 8	−18	− 29	− 42

16. Продолжение.

t \ φ	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°	64°
ч. м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.
7 50	+ 43	+39	+35	+31	+26	+20	+14	+ 7	0	— 8	—18	— 29	— 42
8 0	48	44	39	34	29	22	16	8	0	9	20	33	47
8 10	53	48	43	37	31	25	17	9	0	10	22	37	53
8 20	58	53	47	41	34	27	19	10	0	11	24	41	59
8 30	63	57	51	45	37	29	21	11	0	12	27	45	66
8 40	68	62	55	48	40	32	22	12	0	14	30	50	75
8 50	73	67	60	52	44	34	24	13	0	15	33	55	85
9 0	79	72	64	56	47	37	26	14	0	16	36	61	96
9 10	84	77	69	60	50	40	29	16	0	18	40	69	114
9 20	89	82	73	64	54	43	31	17	0	20	45	79	—143
9 30	95	87	78	68	58	46	33	18	0	22	51	92	—
9 40	101	92	83	73	63	50	36	20	0	24	57	—111	—
9 50	+107	+98	+88	+78	+67	+54	+38	+21	0	—27	—65	—	—

17. Часовые углы восхода и захода

с поправкой на рефракцию, для φ 56° и δ от + 30° до — 30°.

Для других широт от 40° до 60° часовой угол t находится вычетом из значения t для φ 56° соответствующей поправки по таблице 18.

δ	t		δ	t		δ	t		δ	t	
°	ч.	м.	°	ч.	м.	°	ч.	м.	°	ч.	м.
+ 30	10	5	+ 14	7	31	0	6	4	— 16	4	24
+ 28	9	36	+ 12	7	18	— 2	5	52	— 18	4	10
+ 26	9	12	+ 10	7	5	— 4	5	40	— 20	3	55
+ 24	8	51	+ 8	6	52	— 6	5	28	— 22	3	38
+ 22	8	33	+ 6	6	40	— 8	5	16	— 24	3	21
+ 20	8	16	+ 4	6	28	— 10	5	4	— 26	3	1
+ 18	8	0	+ 2	6	16	— 12	4	51	— 28	2	39
+ 16	7	45	0	6	4	— 14	4	38	— 30	2	14

18. Поправки на восход и заход планет.

Поправки даны для момента восхода; для захода следует изменить знак поправки на обратный.

δ \ φ	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°	64°
	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.	м.
+30	+125	+116	+105	+93	+80	+65	+48	+27	0	−39	—	—	—
28	106	97	88	78	66	53	38	21	0	27	−67	—	—
26	92	84	76	66	56	45	32	17	0	21	49	−89	—
24	80	73	66	57	48	38	27	15	0	17	39	66	−108
22	70	64	57	50	42	33	23	13	0	14	32	54	81
20	61	56	50	44	36	29	20	11	0	12	27	45	66
18	54	49	43	38	32	25	17	9	0	11	23	38	55
16	47	42	38	33	27	21	15	8	0	9	19	32	46
14	40	36	32	28	23	18	13	7	0	8	16	26	38
12	34	31	27	24	20	16	11	6	0	6	13	21	31
10	28	25	22	19	16	13	9	5	0	5	11	17	26
8	22	20	18	15	13	10	7	4	0	4	9	14	21
6	17	15	14	12	10	8	5	3	0	3	7	11	16
4	11	10	9	8	7	5	4	2	0	2	5	8	11
+ 2	6	6	5	4	4	3	+ 2	+ 1	0	− 1	3	4	6
0	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	0	0	0	0	− 1	− 1	− 2
− 2	− 4	− 4	− 3	− 3	− 2	− 2	− 1	− 1	0	+ 1	+ 2	+ 2	+ 3
4	9	8	7	6	5	4	3	2	0	2	4	6	8
6	14	13	12	10	8	6	4	2	0	3	6	9	13
8	20	18	16	14	11	9	6	3	0	4	8	13	18
10	25	23	20	18	15	11	8	4	0	5	10	16	23
12	31	28	25	26	18	14	10	5	0	6	12	20	28
14	37	34	30	22	22	17	12	6	0	7	15	24	35
16	43	39	35	30	25	20	14	7	0	8	18	29	42
18	50	46	41	35	29	23	16	9	0	10	21	34	50
20	58	52	47	41	34	27	19	10	0	11	25	41	60
22	66	60	54	47	39	31	22	12	0	13	29	49	73
24	75	68	61	54	45	36	25	14	0	16	35	57	90
26	86	78	70	62	52	41	29	16	0	19	43	74	+129
28	98	90	81	71	61	48	35	19	0	23	55	+109	—
30	−115	−105	− 95	−84	−72	−58	−42	−23	0	+31	+84	—	—

19. Продолжительность гражданских сумерек.

Дата. \ φ		40°	44°	48°	52°	56°	60°	64°
		ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.
Январь . . .	1	0 32	0 35	0 39	0 43	0 50	1 1	1 19
	11	0 32	0 34	0 38	0 42	0 48	0 58	1 13
	21	0 31	0 33	0 36	0 40	0 46	0 54	1 7
	31	0 30	0 32	0 35	0 38	0 43	0 50	1 2
Февраль . . .	10	0 29	0 31	0 34	0 37	0 41	0 47	0 57
	20	0 28	0 30	0 33	0 36	0 40	0 45	0 53
Март	2	0 28	0 30	0 32	0 35	0 39	0 43	0 50
	12	0 28	0 30	0 32	0 35	0 38	0 43	0 49
	22	0 28	0 30	0 32	0 35	0 38	0 43	0 49
Апрель . . .	1	0 28	0 30	0 32	0 36	0 39	0 45	0 52
	11	0 29	0 31	0 33	0 37	0 40	0 47	0 55
	21	0 29	0 32	0 34	0 38	0 43	0 50	1 2
Май	1	0 30	0 33	0 35	0 40	0 46	0 56	1 12
	11	0 31	0 34	0 37	0 43	0 50	1 3	1 32
	21	0 33	0 36	0 40	0 46	0 55	1 14	— —
	31	0 34	0 37	0 42	0 49	1 1	1 30	— —
Июнь	10	0 34	0 38	0 43	0 52	1 6	1 51	— —
	20	0 35	0 38	0 44	0 53	1 8	2 16	— —
	30	0 35	0 38	0 44	0 52	1 7	2 2	— —
Июль	10	0 34	0 38	0 43	0 49	1 4	1 39	— —
	20	0 33	0 37	0 42	0 48	0 59	1 22	— —
	30	0 33	0 36	0 40	0 46	0 54	1 10	1 54
Август . . .	9	0 32	0 35	0 38	0 43	0 50	1 1	1 21
	19	0 31	0 34	0 37	0 41	0 47	0 55	1 8
	29	0 30	0 33	0 35	0 39	0 44	0 51	1 1
Сентябрь . .	8	0 29	0 32	0 34	0 38	0 42	0 48	0 57
	18	0 29	0 32	0 34	0 37	0 41	0 46	0 54
	28	0 29	0 31	0 33	0 37	0 40	0 46	0 52
Октябрь . . .	8	0 29	0 31	0 34	0 37	0 40	0 46	0 52
	18	0 30	0 32	0 34	0 38	0 41	0 47	0 53
	28	0 30	0 32	0 35	0 39	0 43	0 49	0 56
Ноябрь . . .	7	0 31	0 33	0 36	0 40	0 44	0 51	1 0
	17	0 31	0 33	0 37	0 41	0 46	0 54	1 6
	27	0 32	0 34	0 38	0 42	0 48	0 57	1 12
Декабрь . . .	7	0 32	0 35	0 38	0 43	0 50	1 0	1 17
	17	0 32	0 35	0 39	0 44	0 51	1 2	1 22
	27	0 32	0 35	0 39	0 44	0 51	1 2	1 21

Сумерки длятся всю ночь: φ 61°—с 6 июня по 8 июля; φ 62°—с 30 мая по 16 июля; φ 63°—с 24 мая по 21 июля; φ 64°—с 19 мая по 26 июля.

20. Продолжительность астрономических сумерек.

Дата \ φ	40°	44°	48°	52°	56°	60°	64°
	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.
Январь . . . 1	1 37	1 44	1 52	2 5	2 21	2 45	3 19
11	1 36	1 43	1 51	2 3	2 18	2 40	3 11
21	1 35	1 41	1 48	2 0	2 14	2 33	3 1
31	1 33	1 39	1 46	1 57	2 10	2 27	2 51
Февраль . . 10	1 31	1 37	1 43	1 54	2 7	2 22	2 43
20	1 30	1 35	1 42	1 52	2 4	2 19	2 39
Март 2	1 30	1 35	1 41	1 51	2 3	2 17	2 37
12	1 30	1 36	1 42	1 52	2 4	2 21	2 39
22	1 31	1 37	1 43	1 55	2 8	2 26	2 49
Апрель . . . 1	1 33	1 40	1 46	1 59	2 15	2 37	3 11
11	1 35	1 43	1 51	2 6	2 26	2 58	4 28
21	1 39	1 47	1 57	2 17	2 44	3 46	— —
Май 1	1 43	1 53	2 6	2 31	3 16	— —	— —
11	1 47	2 0	2 17	2 52	— —	— —	— —
21	1 53	2 8	2 30	— —	— —	— —	— —
31	1 58	2 16	2 48	— —	— —	— —	— —
Июнь 10	2 2	2 23	3 7	— —	— —	— —	— —
20	2 3	2 26	3 17	— —	— —	— —	— —
30	2 2	2 24	3 11	— —	— —	— —	— —
Июль 10	2 0	2 19	2 55	— —	— —	— —	— —
20	1 56	2 11	2 39	— —	— —	— —	— —
30	1 51	2 4	2 24	3 9	— —	— —	— —
Август . . . 9	1 45	1 58	2 12	2 40	— —	— —	— —
19	1 40	1 51	2 3	2 22	2 56	— —	— —
29	1 37	1 46	1 55	2 10	2 33	3 14	— —
Сентябрь . . 8	1 34	1 41	1 50	2 2	2 19	2 46	3 34
18	1 32	1 38	1 46	1 58	2 12	2 32	3 0
28	1 31	1 36	1 44	1 54	2 7	2 24	2 48
Октябрь . . . 8	1 30	1 36	1 43	1 53	2 5	2 20	2 40
18	1 30	1 37	1 44	1 52	2 5	2 19	2 39
28	1 31	1 37	1 45	1 54	2 6	2 21	2 42
Ноябрь . . . 7	1 32	1 39	1 46	1 56	2 9	2 25	2 48
17	1 34	1 41	1 48	1 59	2 12	2 31	2 57
27	1 36	1 43	1 50	2 2	2 16	2 37	3 6
Декабрь . . . 7	1 37	1 44	1 51	2 4	2 20	2 43	3 16
17	1 38	1 45	1 52	2 6	2 22	2 46	3 23
27	1 38	1 45	1 52	2 6	2 22	2 46	3 22

Сумерки длятся всю ночь: φ 52°—с 21 мая по 24 июля; φ 56°—с 6 мая по 9 авг.; φ 60°—с 23 апр. по 22 авг.; φ 64°—с 12 апр. по 2 сентября.

21. Главнейшие радианты метеорных потоков.

Настоящий сводный список радиантов составлен на основании сопоставления около 3500 радиантов, выведенных из 75000 наблюдений. Главнейшим материалом явились наблюдения Американского Метеорного Общества, Русского Общества Любителей Мироведения, Британской Астрономической Ассоциации, В. Ф. Деннинга и др. за 1910—1927 годы. В графе «достоверность» цифрой 1 обозначены те радианты, которые несомненно существуют; цифрой 5 обозначены радианты, существование которых представляется сомнительным, ввиду неполноты имеющихся в распоряжении наблюдений. Однако «достоверность» отнюдь не совпадает с понятием «обильный поток». Наиболее богатым потоком являются Персеиды; много метеоров дают также Квадрантиды, Ориониды, Геминиды, Лириды (иногда), Понс-Виннекиды (слабые метеоры, но иногда обильные дожди); интересны потоки майских и июльских Акварид, β Кассиопеид (слабые метеоры), Леонид, Андромедид.

В конце таблицы приведены даты максимумов потоков. Смещения радиантов некоторых потоков даны в таблице 21*А*.

№	Эпоха.	α	δ	Ближайшая звезда или название потока.	Достоверность.
		°	°		
1	декабрь 25—январь 3 .	211	+47	λ Волопаса . .	3
2	декабрь 28—январь 6 .	103	+32	θ Близнецов .	1
3	декабрь 30—январь 5 .	231	+52	*Квадрантиды* .	1
4	январь 2— 6 . .	74	+20	ι Тельца . .	4
5	январь 4— 7 . .	119	+18	3 Рака . . .	4
6	январь 13—18 . .	232	+33	θ Сев. Короны .	5
7	январь 16—19 . .	79	+36	σ Возничего .	5
8	январь 17—23 . .	46	+48	ι Персея . .	5
9	январь 21—22 . .	83	+41	τ Возничего .	5
10	январь 21—24 . .	112	+34	α Близнецов .	3
11	январь 22—23 . .	142	+13	ξ Льва . . .	4
12	февраль 19—26 . .	177	+10	*A* Девы . . .	3
13	февраль 21—23 . .	132	+ 6	ζ Гидры . .	4
14	март 19—27 . .	184	+26	12 Вол. Вероники	3
15	март 20—22 . .	198	+10	*e* Девы . . .	5
16	март 20—23 . .	229	+55	ι Дракона . .	4
17	март 23—24 . .	192	+40	12 Гонч. Псов .	5
18	март 23—29 . .	216	+31	ρ Волопаса . .	3

21. Продолжение.

№	Эпоха.	α	δ	Ближайшая звезда или название потока.	Достоверность.
		°	°		
19	март 24—30	166	+58	β Б. Медвед.	4
20	март 31—апрель 2	193	+31	37 Бол. Вероники	3
21	апрель 1— 5	213	+27	α Волопаса	5
22	апрель 1— 8	258	+26	δ Геркулеса	5
23	апрель 7—14	255	+50	μ Дракона	3
24	апрель 13—21	232	+26	α Сев. Короны	4
25	апрель 15—26	272	+33	*Лириды*	1
26	апрель 18—23	262	+47	ι Геркулеса	4
27	апрель 26	193	+22	35 Вол. Вероники	5
28	апрель 30—май 8	335	— 1	γ *Аквариды*	1
29	май 2—12	264	+44	ι Геркулеса	4
30	май 21—31	232	+34	θ Сев. Короны	2
31	июнь 17—июль 7	310	+45	α Лебедя	2
32	июнь 18—июль 8	200	+55	*Понс-Виннекиды.*	1
33	июнь 20—29	237	+44	χ Геркулеса	4
34	июнь 21—30	236	+58	ϑ Дракона	2
35	июнь 22—июль 5	245	+62	η Дракона	2
36	июнь 25—июль 4	235	+33	π Сев. Короны	3
37	июнь 28—июль 2	220	+57	ι Дракона	3
38	июль 1— 3	239	+66	12*H* Дракона	4
39	июль 1— 4	1	+25	ψ Пегаса	4
40	июль 1— 8	284	+25	113 Геркулеса	4
41	июль 1—10	261	+44	74 Геркулеса	4
42	июль 1—12	266	+22	84 Геркулеса	4
43	июль 4— 7	282	+57	δ Дракона	5
44	июль 5— 6	333	+ 6	ϑ Пегаса	4
45	июль 5— 6	320	+22	1 Пегаса	4
46	июль 5— 6	320	+12	δ Мал. Коня	4
47	июль 6—12	291	+17	2—3 Стрелы	2
48	июль 6—15	33	+46	*c* Андромеды	4
49	июль 7—20	3	+36	σ Андромеды	2
50	июль 8—11	258	+11	37 Змееносца	3
51	июль 9—21	2	+45	22 Андромеды	3
52	июль 16—август 20	46	+56	*Персеиды*	1
53	июль 19—31	341	+21	λ Пегаса	1
54	июль 19—август 15	14	+63	β *Кассиопеиды*	1
55	июль 20—август 8	308	—10	ψ Орла	1

21. Продолжение.

№	Эпоха.	α	δ	Ближайшая звезда или название потока.	Достоверность.
		°	°		
56	июль 22—28	314	+48	*f'* Лебедя	4
57	июль 23—28	303	— 1	ϑ Орла	4
58	июль 23—август 1	353	+16	α Пегаса	3
59	июль 24—август 3	305	+20	ϑ Стрелы	2
60	июль 25—август 1	336	— 1	ζ Водолея	3
61	июль 25—август 6	338	—12	δ *Аквариды*	1
62	июль 26—31	43	+52	τ Персея	4
63	июль 27—31	9	+41	ν Андромеды	3
64	июль 27—август 5	288	+37	ϑ Лиры	4
65	июль 28—август 5	332	+45	2 Ящерицы	2
66	июль 28—август 13	33	+51	6 Персея	1
67	июль 28—август 13	25	+24	λ Овна	3
68	июль 29—август 1	4	+25	ζ Андромеды	3
69	июль 29—август 3	331	+22	ι Пегаса	2
70	июль 29—август 13	6	+36	ο Андромеды	1
71	июль 30—август 1	328	—14	μ Козерога	2
72	июль 30—август 1	342	+42	о Андромеды	5
73	июль 31—август 2	358	+38	ϑ Андромеды	4
74	июль 31—август 4	2	+46	22 Андромеды	4
75	август 1— 2	279	+35	α—β Лиры	4
76	август 1— 3	279	+55	*c* Дракона	4
77	август 1— 5	300	+40	ο Лебедя	4
78	август 1— 7	350	+26	υ Пегаса	2
79	август 2— 9	315	+47	*f'* Лебедя	3
80	август 5—11	25	+48	υ Персея	2
81	август 5—12	332	+66	ξ Цефея	2
82	август 8—11	35	+34	γ Треугольника	4
83	август 9	315	+31	ζ Лебедя	5
84	август 9—11	0	+44	22 Андромеды	3
85	август 9—12	56	+33	*n* Персея	4
86	август 9—13	38	+42	12 Персея	4
87	август 9—18	14	+46	φ Андромеды	2
88	август 9—21	266	+57	ξ Дракона	3
89	август 10—13	5	+23	χ Пегаса	3
90	август 10—13	14	+29	*h* Рыб	4
91	август 10—14	39	+28	35 Овна	5
92	август 10—15	68	+65	α Жирафа	1

21. Продолжение.

№	Эпоха.	α	δ	Ближайшая звезда или название потока.	Достоверность.
		°	°		
93	август 10—16 . .	346	+56	1 Кассиопеи .	3
94	август 10—24 . .	285	+42	*R* Лиры . .	3
95	август 11—24 . .	335	+82	34*H* Цефея . .	2
96	август 12—13 . .	314	+41	ν Лебедя . .	5
97	август 15—25 . .	291	+52	ι Лебедя . .	1
98	август 16—24 . .	311	+62	η Цефея . .	1
99	август 16—27 . .	311	+13	δ Дельфина .	3
100	август 17—20 . .	338	—15	τ Водолея . .	4
101	август 17—21 . .	324	+67	7 Цефея . .	4
102	август 18—27 . .	42	+22	ε Овна . .	3
103	август 19—26 . .	64	+29	φ Тельца . .	3
104	август 20—25 . .	25	+26	α Треугольника .	2
105	август 29—30 . .	343	+57	δ Цефея . .	4
106	август 29—сентябрь 3	19	+45	α Андромеды	4
107	сентябрь 1— 6 . .	13	+56	θ Кассиопеи .	3
108	сентябрь 1— 8 .	10	+30	δ Андромеды .	4
109	сентябрь 2— 6 . .	1	+15	γ Пегаса . .	4
110	сентябрь 2— 7 . .	338	—12	σ Водолея . .	3
111	сентябрь 3— 7 . .	315	+47	*f'* Лебедя . .	3
112	сентябрь 3—14 . .	350	+45	λ Андромеды .	4
113	сентябрь 6—11 . .	328	+74	ρ Цефея . .	4
114	сентябрь 6-19 . .	4	+46	π Кассиопеи .	5
115	сентябрь 9—11 . .	308	+82	κ Цефея . .	3
116	сентябрь 11—21 . .	6	+19	χ Пегаса . .	2
117	сентябрь 20—30 . .	28	+37	β Треугольника	3
118	сентябрь 21—25 . .	318	+34	υ Лебедя . .	4
119	сентябрь 22—23 . .	35	+42	*b* Андромеды .	3
120	сентябрь 22—26 . .	355	+74	γ Цефея . .	4
121	сентябрь 23—24 . .	29	+62	ε Кассиопеи	3
122	сентябрь 24—28 . .	12	+48	φ Андромеды .	4
123	сентябрь 24—29 . .	18	+21	ρ Рыб . . .	2
124	сентябрь 30 . .	355	+58	τ Кассиопеи .	4
125	октябрь 3— 7 . .	24	+15	η Рыб . . .	3
126	октябрь 5 . .	8	+54	λ Кассиопеи .	5
127	октябрь 5— 8 . .	15	+39	μ Андромеды .	3
128	октябрь 11-27 . .	32	+20	η Овна . .	2
129	октябрь 13—24 . .	45	+10	λ Кита . . .	2

21. Продолжение.

№	Эпоха.	α	δ	Ближайшая звезда или название потока.	Достоверность.
		°	°		
130	октябрь 14—21 . .	84	+24	ζ Тельца . .	2
131	октябрь 14—26 . .	90	+14	*Ориониды* . .	1
132	октябрь 15—20 . .	56	+24	η Тельца . .	2
133	октябрь 17—25 . .	78	+40	λ' Возничего .	2
134	октябрь 17—30 . .	76	+25	β Тельца . .	3
135	октябрь 18—27 . .	43	+21	ε Овна . .	1
136	октябрь 18—30 . .	103	+19	ζ Близнецов .	3
137	октябрь 21 . . .	275	—16	μ Стрельца .	5
138	октябрь 21—22 . .	295	+ 6	β Орла . .	5
139	октябрь 28—ноябрь 1 .	7	+39	ν Андромеды .	5
140	октябрь 31—ноябрь 3 .	33	+14	ξ Овна . .	5
141	ноябрь 1— 5 . .	5	+51	ξ Кассиопеи .	5
142	ноябрь 1— 8 . .	17	+40	υ Андромеды .	5
143	ноябрь 4—26 . .	42	+21	ε Овна . .	1
144	ноябрь 6—15 . .	56	+13	λ Тельца . .	5
145	ноябрь 8—11 . .	97	+21	ν Близнецов .	3
146	ноябрь 10—12 . .	103	+36	ϑ Близнецов .	4
147	ноябрь 10—18 . .	151	+22	*Леониды* . .	1
148	ноябрь 10—19 . .	56	+25	η Тельца . .	3
149	ноябрь 11—14 . .	72	+21	ι Тельца . .	4
150	ноябрь 11—16 . .	127	— 3	30 Единорога .	3
151	ноябрь 11—17 . .	34	+13	ξ' Кита . .	4
152	ноябрь 12—14 . .	139	+34	*f* Льва . .	3
153	ноябрь 15—27 . .	25	+42	*Андромедиды* .	1
154	декабрь 5—15 . .	112	+33	*Геминиды* . .	1
155	декабрь 9—12 . .	97	+31	ε Близнецов .	2
156	декабрь 12 . . .	121	+25	ψ Рака . . .	2
157	декабрь 12—14 . .	91	+16	ξ Ориона . .	3
158	декабрь 12—15 . .	74	+52	α Возничего .	5
159	декабрь 22—31 . .	91	+16	ξ Ориона . .	5
160	декабрь 24—27 .	113	+35	α Близнецов .	5

Эпохи максимумов потоков.

3. 3 января. **25**. 21 апреля. **28**. 2—4 мая. **32**. 26 июня — 1 июля **34**. 28 июня (?). **52**. 11—12 августа. **53**. 24—29 июля (?). **54**. 25—28 июля. **80**. 8 августа (?). **87**. 11—12 августа (?) **131**. 18—22 отктября. **135**. 23 октября (?) **143**. 6, 13—15, 22—23 ноября (?). **153**. 24 ноября (??). **154**. 11—13 декабря.

21*A*. Смещение радиантов некоторых метеорных потоков.

Эпоха.	α	δ
	°	°
Лириды.		
Апрель . 15	264	+ 33
16	265	+ 33
17	266	+ 33
18	267	+ 33
19	268	+ 33
20	270	+ 33
21	271	+ 33
22	272	+ 33
23	274	+ 33
24	275	+ 33
25	276	+ 33
26	277	+ 33
β Кассиопеиды.		
Июль . . . 15	346	+ 57
20	349	+ 58
25	354	+ 60
30	359	+ 61
Август . . 4	4	+ 62
Персеиды.		
Июль . . . 16	20	+ 47
21	25	+ 49
26	30	+ 51
31	35	+ 52
Август . . 5	40	+ 54
10	45	+ 56
15	50	+ 58
20	54	+ 60

Эпоха.	α	δ
	°	°
Понс-Виннекиды (гл. ветвь).		
Июнь . . . 18	190	+ 55
23	197	+ 54
28	200	+ 54
Июль . . . 3	205	+ 53
8	208	+ 52
Геминиды.		
Ноябрь . . 25	91	+ 34
26	92	+ 34
27	94	+ 34
28	95	+ 34
29	96	+ 34
30	98	+ 34
Декабрь . . 1	99	+ 34
2	100	+ 33
3	101	+ 33
4	103	+ 33
5	104	+ 33
6	105	+ 33
7	106	+ 33
8	108	+ 33
9	109	+ 33
10	110	+ 33
11	111	+ 33
12	112	+ 32
13	114	+ 32
14	115	+ 32
15	116	+ 32
16	117	+ 32
17	118	+ 32

22. Созвездия.

В таблице даны полные и сокращенные латинские названия созвездий, принятые постановлением международного астрономического конгресса в Риме в 1922, и соответствующие русские названия.

Буквами *N*, *S* и *Z* после латинского названия отмечены соответственно северные, южные и зодиакальные созвездия. К первым двум группам отнесены созвездия, лежащие целиком или большей своей частью к северу от $\delta +35°$ или к югу от $\delta -35°$.

Созвездия Carina (Киль), Vela (Парус), Puppis (Корма) и Pyxis (Компас) образуют вместе созвездие Argo Navis (Arg)—Корабль Арго.

Латинские названия.		Русские названия.
Andromeda . . . . *N*	And	Андромеда.
Antlia	Ant	Насос.
Apus . . . . . *S*	Aps	Райская птица.
Aquarius . . . . *Z*	Aqr	Водолей.
Aquila	Aql	Орел.
Ara . . . . . *S*	Ara	Жертвенник.
Aries . . . . . *Z*	Ari	Овен.
Auriga . . . . . *N*	Aur	Возничий.
Bootes	Boo	Волопас.
Caelum . . . . . *S*	Cae	Резец.
Camelopardalis . . . *N*	Cam	Жираф.
Cancer . . . . . *Z*	Cnc	Рак.
Canes Venatici . . . *N*	CVe	Гончие Псы.
Canis Major	CMa	Большой Пес.
Canis Minor	CMi	Малый Пес.
Capricornus . . . . *Z*	Cap	Козерог.
Carina . . . . . *S*	Car	Киль.
Cassiopeja . . . . *N*	Cas	Кассиопея.
Centaurus . . . . *S*	Cen	Центавр.
Cepheus . . . . . *N*	Cep	Цефей.
Cetus	Cet	Кит.
Chamaeleon . . . . *S*	Cha	Хамелеон.
Circinus . . . . *S*	Cir	Циркуль.
Columba . . . . . *S*	Col	Голубь.
Coma Berenices	Com	Волосы Вероники.
Corona Austrina . . . *S*	CrA	Южная Корона.

22. Продолжение.

Латинские названия.			Русские названия.
Corona Borealis		CrB	Северная Корона.
Crater		Crt	Чаша.
Crux	S	Cru	Южный Крест.
Corvus		Crv	Ворон.
Cygnus	N	Cyg	Лебедь.
Delphinus		Del	Дельфин.
Dorado	S	Dor	Дорад (Золотая Рыба).
Draco	N	Dra	Дракон.
Equuleus		Equ	Малый Конь.
Eridanus		Eri	Эридан.
Fornax		For	Печь.
Gemini	Z	Gem	Близнецы.
Grus	S	Gru	Журавль.
Hercules		Her	Геркулес.
Horologium	S	Hor	Часы.
Hydra		Hya	Гидра.
Hydrus	S	Hyi	Южная Гидра.
Indus	S	Ind	Индеец.
Lacerta	N	Lac	Ящерица.
Leo	Z	Leo	Лев.
Leo Minor		LMi	Малый Лев.
Lepus		Lep	Заяц.
Libra	Z	Lib	Весы.
Lupus	S	Lup	Волк.
Lynx	N	Lyn	Рысь.
Lyra	N	Lyr	Лира.
Mensa	S	Men	Столовая Гора.
Microscopium	S	Mic	Микроскоп.
Monoceros		Mon	Единорог.
Musca	S	Mus	Муха.
Norma	S	Nor	Наугольник.

122. Продолжение.

Латинские названия.			Русские названия.
Octans	S	Oct	Октант.
Ophiuchus		Oph	Змееносец.
Orion		Ori	Орион.
Pavo	S	Pav	Павлин.
Pegasus		Peg	Пегас.
Perseus	N	Per	Персей.
Phoenix	S	Phe	Феникс.
Pictor	S	Pic	Живописец.
Pisces	Z	Psc	Рыбы.
Piscis Austrinus . .		PsA	Южная Рыба.
Puppis		Pup	Корма.
Pyxis		Pyx	Компас.
Reticulum	S	Ret	Сетка.
Sagitta		Sge	Стрела.
Sagittarius	Z	Sgr	Стрелец.
Scorpius	Z	Sco	Скорпион.
Sculptor		Scl	Скульптор.
Scutum		Sct	Щит.
Serpens		Ser	Змея.
Sextans		Sex	Секстант.
Taurus	Z	Tau	Телец.
Telescopium	S	Tel	Телескоп.
Triangulum		Tri	Треугольник.
Triangulum Australe . .	S	TrA	Южный Треугольник.
Tucana	S	Tuc	Тукан.
Ursa Major	N	UMa	Большая Медведица.
Ursa Minor	N	UMi	Малая Медведица.
Vela	S	Vel	Парус.
Virgo	Z	Vir	Дева.
Volans	S	Vol	Летучая Рыба.
Vulpecula		Vul	Лисица.

23. Годовая прецессия.

α \ δ	Прецессия по прямому восхождению.												Прец. по склонению.
	−40°	−30°	−20°	−10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°	+50°	+60°	+70°	
ч.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	с.	″
0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	+20
1	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	4.0	+19
2	2.5	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.9	4.2	4.9	+17
3	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.9	4.2	4.7	5.7	+14
4	2.1	2.4	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	4.0	4.4	5.1	6.2	+10
5	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.3	3.5	3.8	4.2	4.6	5.3	6.6	+ 5
6	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.2	4.7	5.4	6.7	0
7	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.3	3.5	3.8	4.2	4.6	5.3	6.6	— 5
8	2.1	2.4	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	4.0	4.4	5.1	6.2	—10
9	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.9	4.2	4.7	5.7	—14
10	2.5	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.9	4.2	4.9	—17
11	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	4.0	—19
12	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	—20
13	3.4	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	2.9	2.8	2.7	2.5	2.1	—19
14	3.6	3.5	3.3	3.2	3.1	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	1.9	1.2	—17
15	3.9	3.6	3.4	3.2	3.1	2.9	2.7	2.5	2.3	2.0	1.4	0.5	—14
16	4.0	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.4	2.1	1.7	1.1	-0.1	—10
17	4.2	3.8	3.5	3.3	3.1	2.8	2.6	2.3	2.0	1.5	0.8	-0.5	— 5
18	4.2	3.8	3.6	3.3	3.1	2.8	2.6	2.3	2.0	1.5	0.8	-0.6	0
19	4.2	3.8	3.5	3.3	3.1	2.8	2.6	2.3	2.0	1.5	0.8	-0.5	+ 5
20	4.0	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.4	2.1	1.7	1.1	-0.1	+10
21	3.9	3.6	3.4	3.2	3.1	2.9	2.7	2.5	2.3	2.0	1.4	0.5	+14
22	3.6	3.5	3.3	3.2	3.1	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	1.9	1.2	+17
23	3.4	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	2.9	2.8	2.7	2.5	2.1	+19
24	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	+20

Пример. Найти координаты α Сев. Короны на 1928 по координатам на 1900: α 15 ч. 30.5 м. и δ + 27°3′.

По аргументам α и δ находим интерполяцией годовую поправку по α = 2.5 с. и по аргументу α годовую поправку по δ = 10″. Отсюда координаты звезды на 1928:

α = 15 ч. 30.5 м. + (2.5 с. × 28) = 15 ч. 31.7 м.

δ = + 27°3′ — (10″ × 28) = + 26° 58′.

24. Средние места звезд для 1930.0

В таблицу вошли все звезды ярче 4.00 величины со склонением до—45°. Величины и спектры указаны по данным Гарвардской обсерватории. Годовое изменение α и δ включает прецессию и собственное движение.

В конце таблицы приведены некоторые наиболее употребительные собственные названия звезд. Сведения, относящиеся к двойным (помечены звездочкой перед порядковым №) и переменным звездам см. в таблицах 25 и 27.

№	Название звезды.	Звездн. велич.	α	Годов. измен. α	δ	Годов. измен. δ	Спектр.
			ч. м. с.	с.	° ′	″	
1	α Андромеды . .	2.15	0 4 46	+ 3.1	+28 42.2	+20	Ap
2	β Кассиопеи . .	2.42	5 26	3.2	+58 45.8	20	F5
3	γ Пегаса	2.87	9 38	3.1	+14 47.7	20	B2
4	ι Кита	3.75	15 52	3.1	— 9 12.7	20	K
5	κ Феникса . . .	3.90	22 31	3.0	—44 5.7	20	A3
6	α Феникса . . .	2.44	22 50	3.0	—42 41.2	20	K
7	ζ Кассиопеи . .	3.72	33 3	3.3	+53 30.7	20	B2
8	δ Андромеды . .	3.49	35 35	3.2	+30 28.7	20	K2
9	α Кассиопеи . .	*пер.*	36 31	3.4	+56 9.2	20	K
10	β Кита	2.24	40 5	3.0	—18 22.2	20	K
* 11	η Кассиопеи .	3.64	44 51	3.7	+57 26.7	19	F8
12	γ Кассиопея . .	2.25	52 28	3.6	+60 20.3	20	Bp
13	μ Андромеды . .	3.94	52 52	3.3	+38 7.2	20	A2
14	η Кита	3.60	1 5 4	3.0	-10 33.2	19	K
15	β Андромеды . .	2.37	5 48	3.4	+35 15.0	19	Ma
16	θ Кита	3.83	20 31	3.0	— 8 32.6	19	K
17	δ Кассиопеи . .	2.80	21 13	3.9	+59 52.3	19	A5
*18	γ Феникса . . .	3.40	25 20	2.6	—43 40.6	18	K5
19	η Рыбы	3.72	27 44	3.2	+14 59.1	19	G5
20	υ Персея	3.77	33 41	3.7	+48 16.5	18	K
* 21	α М. Медведицы.	2.12	36 54	33.2	+88 55.7	18	F8
22	τ Кита	3.65	40 49	2.8	—16 18.3	19	K
23	ζ Кита	3.92	48 0	3.0	—10 40.8	18	K
24	α Треугольника.	3.58	49 5	3.4	+29 14.3	18	F5
25	ε Кассиопеи . .	3.44	49 20	4.3	+63 19.6	18	B3
26	β Овна	2.72	50 46	3.3	+20 28.0	18	A5
* 27	γ¹ Андромеды . .	2.28	59 36	3.7	+41 59.7	17	Kp
28	α Овна	2.23	2 3 13	3.4	+23 7.9	17	K2
29	β Треугольника.	3.08	5 22	3.6	+34 39.4	17	A5
* 30	ο Кита	*пер.*	15 48	+ 3.0	— 3 17.7	+16	Md

24. Продолжение.

№	Название звезды.	Звездн. велич.	α	Годов измен. α	δ	Годов. измен. δ	Спектр.
			ч. м. с.	с.	° ′	″	
* 31	γ² Кита	3.69	2 39 40	+ 3.1	+ 2 56.5	+15	A2
* 32	η Персея	3.95	45 34	4.4	+55 36.4	15	K
33	41 Овна	3.68	45 51	3.5	+26 58.4	15	B8
34	θ¹ Эридана	3.42	55 36	2.3	—40 35.1	15	A2
35	α Кита	2.82	58 37	3.1	+ 3 49.0	14	Ma
36	γ Персея	3.08	59 43	4.3	+53 14.0	14	Gp
37	ρ Персея	*пер.*	3 0 41	3.8	+38 34.2	14	Mb
38	β Персея	*пер.*	3 36	3.9	+40 41.2	14	B8
39	κ Персея	4.00	4 25	4.0	+49 34.5	14	K
40	α Печи	3.95	9 6	2.5	—29 15.7	14	F8
41	τ⁴ Эридана	3.95	16 11	2.7	—22 1.8	13	Mb
42	α Персея	1.90	19 19	4.3	+49 36.8	13	F5
43	ο Тельца	3.80	21 3	3.2	+ 8 47.0	13	G5
44	ξ Тельца	3.75	23 22	3.3	+ 9 29.4	13	B8
45	ε Эридана	3.81	29 38	2.8	— 9 41.6	12	K
46	δ Персея	3.10	37 56	4.3	+47 33.9	12	B5
47	δ Эридана	3.72	39 54	2.9	—10 0.0	12	K0
48	ο Персея	3.94	39 55	3.8	+32 4.1	11	B1
49	ν Персея	3.93	40 26	4.1	+42 21.5	11	F5
50	17 Тельца	3.81	40 43	3.6	+23 53.7	11	B5
* 51	η Тельца	2.96	43 19	3.6	+23 53.4	11	B5p
52	27 Тельца	3.80	45 0	3.6	+23 50.4	11	B8p
53	ζ Персея	2.91	49 44	3.8	+31 40.6	11	B1
* 54	ε Персея	2.96	53 9	4.0	+39 48.6	11	B1
55	γ Эридана	3.19	54 46	2.8	—13 42.4	10	K5
56	ν Тельца	3.94	59 26	3.2	+ 5 47.8	10	A
57	α Часов	3.83	4 11 41	2.0	—42 28.0	9	K
58	41 Эридана	3.59	15 15	2.3	—33 58.1	9	B9
59	γ Тельца	3.86	15 48	3.4	+15 27.6	9	K
60	δ Тельца	3.93	18 54	3.5	+17 22.8	9	K
61	ε Тельца	3.63	24 32	3.5	+19 1.6	8	K
62	θ² Тельца	3.62	24 39	3.4	+15 43.1	8	A5
63	α Тельца	1.06	31 54	3.4	+16 22.2	7	K5
64	υ² Эридана	3.88	32 50	2.3	—30 42.3	7	K
65	53 Эридана	3.98	34 58	2.7	—14 26.4	7	K
66	π³ Ориона	3.31	46 2	3.3	+ 6 50.4	6	F8
67	π⁴ Ориона	3.78	47 29	3.2	+ 5 29.2	6	B3
68	π⁵ Ориона	3.87	50 36	3.1	+ 2 19.6	6	B3
69	ι Возничего	2.90	52 26	+ 3.9	+33 3.4	+ 6	K2

24. Продолжение.

№	Название звезды.	Звездн. велич.	α	Годов. измен. α	δ	Годов. измен. δ	Спектр.
			ч. м. с.	с.	° ′	″	
70	ε Возничего . .	*пер.*	4 56 56	+ 4.3	+43 43.3	+ 5	F5p
71	ζ Возничего . .	3.94	57 35	4.2	+40 58.5	5	Kp
72	η Возничего . .	3.28	5 1 36	4.2	+41 8.5	5	B3
73	ε Зайца	3.29	2 30	2.5	—22 27.8	5	K5
74	β Эридана . . .	2.92	4 24	2.9	— 5 10.5	5	A3
75	μ Зайца	3.30	9 47	2.7	—16 17.2	4	Ap
* 76	β Ориона	0.34	11 10	2.9	— 8 16.9	4	B8p
77	α Возничего . .	0.21	11 31	4.4	+45 55.7	4	G
78	τ Ориона . . .	3.68	14 12	2.9	— 6 55.1	4	B5
* 79	η Ориона . . .	3.44	20 57	3.0	— 2 27.6	3	B1
80	γ Ориона . .	1.70	21 22	3.2	+ 6 17.3	3	B2
81	β Тельца . . .	1.78	21 52	3.8	+28 33.0	3	B8
82	β Зайца	2.96	25 15	2.6	—20 48.8	3	G
* 83	δ Ориона . . .	2.48	28 26	3.1	— 0 21.0	3	B
84	ε Голубя . . .	3.92	28 44	2.1	—35 31.2	3	K
85	α Зайца . . .	2.69	29 38	2.6	—17 52.3	3	F
* 86	λ Ориона . . .	3.66	31 17	3.3	+ 9 53.4	3	Oe5
* 87	ι Ориона . .	2.89	32 0	2.9	— 5 57.3	2	Oe5
88	ε Ориона . . .	1.75	32 40	3.0	— 1 14.7	2	B
89	ζ Тельца . . .	3.00	33 28	3.6	+21 6.5	2	B3p
* 90	σ Ориона . . .	3.78	35 14	3.0	— 2 38.4	2	B
91	α Голубя	2.75	37 7	2.2	—34 6.6	2	B5p
* 92	ζ¹ Ориона . . .	2.05	37 14	3.0	— 1 58.7	2	B
* 93	γ Зайца	3.80	41 33	2.5	—22 28.2	1	F8
94	ζ Зайца	3.67	43 47	2.7	—14 50.8	1	A2
95	κ Ориона . . .	2.20	44 26	2.8	— 9 41.6	1	B
96	δ Зайца	3.90	48 19	2.6	—20 53.0	0	K
97	β Голубя	3.22	48 29	2.1	—35 47.6	1	K
98	α Ориона . . .	*пер.*	51 23	3.2	+ 7 23.7	1	Ma
99	η Зайца . . .	3.77	53 13	2.7	—14 10.8	+ 1	F5
100	δ Возничего . .	3.88	53 46	4.9	+54 16.9	0	K
101	β Возничего . .	2.07	54 24	4.4	+44 56.5	0	Ap
102	θ Возничего . .	2.72	54 57	4.1	+37 12.6	0	Ap
103	η Близнецов . .	*пер.*	6 10 39	3.6	+22 31.7	— 1	Ma
104	ζ Б. Пса	3.10	17 37	2.3	—30 1.9	2	B3
105	μ Близнецов . .	3.19	18 43	3.6	+22 33.1	2	Ma
106	δ Голубя	3.98	19 33	2.2	—33 23.9	2	G5
107	β Б. Пса	1.99	19 37	2.6	—17 55.2	2	B1
108	γ Близнецов . .	1.93	33 40	+ 3.5	+16 27.6	—3	A

24. Продолжение.

№	Название звезды.	Звездн. велич.	α ч. м. с.	Годов. измен. α с.	δ ° ′	Годов. измен. δ ″	Спектр.
109	ν Кормы	3.18	6 35 37	+ 1.8	−43 8.0	− 3	B8
110	ε Близнецов . .	3.18	39 38	3.7	+25 12.1	3	G5
111	ξ Близнецов . .	3.40	41 22	3.4	+12 58.4	4	F5
112	α Б. Пса	-1.58	42 4	2.6	−16 37.1	5	A
113	ϰ Б. Пса	3.78	47 14	2.2	−32 25.6	4	B2p
114	θ Близнецов .	3.64	48 11	4.0	+34 2.8	4	A2
115	ε Б. Пса	1.63	55 52	2.4	−28 52.5	5	B1
116	σ Б. Пса	3.68	58 56	2.4	−27 50.0	5	K5
*117	ζ Близнецов . .	*пер.*	59 57	3.6	+20 40.5	5	Gp
118	ο² Б. Пса	3.12	7 0 6	2.5	−23 43.8	5	B5p
119	δ Б. Пса	1.98	5 33	2.4	−26 16.9	6	F8p
120	ω Б. Пса	3.83	11 58	2.4	−26 39.0	6	B3p
121	λ Близнецов . .	3.65	14 4	3.4	+16 40.1	6	A2
122	π Кормы	2.74	14 40	2.1	−36 58.2	6	K5
*123	δ Близнецов . .	3.52	15 57	3.6	+22 6.8	7	F
124	η Б. Пса	2.43	21 19	2.4	−29 9.9	7	B5p
125	ι Близнецов .	3.89	21 23	3.7	+27 56.3	7	K
126	β М. Пса	3.09	23 21	3.2	+ 8 25.9	7	B8
127	σ Кормы	3.27	27 0	1.9	−43 9.5	7	K5
*128	α Близнецов . .	1.99	30 8	3.8	+32 2.6	8	A0
129	α М. Пса	0.48	35 38	3.1	+ 5 24.3	9	F5
130	ϰ Близнецов .	3.70	40 13	3.6	+24 34.0	8	G5
131	β Близнэцов . .	1.21	41 2	3.7	+28 11.8	9	K
132	c Кормы	3.72	42 45	2.1	−37 47.9	9	K5
133	ξ Кормы	3.47	46 21	2.5	−24 41.0	9	G
134	a Кормы	3.76	49 49	2.1	−40 23.7	9	G5
135	ζ Кормы	2.27	8 1 7	2.1	−39 48.3	10	Od
136	ρ Кормы	2.88	4 34	2.6	−24 6.1	10	F5
137	β Рака	3.76	12 43	3.3	+ 9 24.2	11	K2
138	30 Единорога . .	3 95	22 10	3.0	− 3 40.6	12	A
139	ο Б. Медведицы.	3.47	22 28	3.0	+60 57.2	12	G0
140	α Компаса . . .	3.70	40 47	2.4	−32 56.0	13	B2
141	ε Гидры	3.48	43 4	3.2	+ 6 40.6	13	F8
142	ζ Гидры	3.30	51 42	3.2	+ 6 12.8	14	K
143	ι Б. Медведицы.	3.12	54 25	4.1	+48 19.1	14	A5
144	ϰ Б. Медведицы.	3.68	58 51	4.1	+47 26.1	14	A
145	λ Паруса	2.22	9 5 25	2.2	−43 9.0	14	K5
146	θ Гидры	3.84	10 43	3.1	+ 2 36.6	15	A
*147	38 Рыси	3.82	14 30	+3.7	+37 6.0	−15	A

24. Продолжение.

№	Название звезды.	Звездн. велич.	α			Годов. измен. α	δ	Годов. измен. δ	Спектр.
			ч.	м.	с.	с.	° ′	″	
148	40 Рыси . . .	3.30	9	16	48	+ 3.6	+34 41.4	−15	K5
149	α Гидры	2.16		24	9	2.9	− 8 21.3	16	K2
150	23 Б. Медведицы.	3.75		26	1	4.8	+63 22.2	16	F
151	ψ Паруса	3.64		27	56	2.3	−40 9.6	16	F5
152	θ Б. Медведицы.	3.26		28	11	4.0	+51 59.8	16	F8p
153	ο Льва	3.76		37	25	3.2	+10 12.7	16	F5p
154	ε Льва	3.12		41	53	3.4	+24 5.8	17	G0p
155	υ Б. Медведицы.	3.89		46	2	4.3	+59 22.1	17	F
156	η Льва	3.58	10	3	31	3.3	+17 6.3	18	Ap
157	α Льва	1.34		4	39	3.2	+12 18.6	18	B8
158	λ Гидры	3.83		7	10	2.9	−12 0.4	18	K
159	ζ Льва	3.65		12	48	3.3	+23 46.0	18	F
160	λ Б. Медведицы.	3.52		12	53	3.6	+43 15.9	18	A2
*161	γ^1 Льва	2.61		16	7	3.3	+20 11.8	18	K
162	μ Б. Медведицы.	3.21		18	10	3.6	+41 51.1	18	K5
163	ρ Льва	3.85		29	8	3.2	+ 9 40.0	18	Bp
164	ν Гидры	3.32		46	10	3.0	−15 49.6	19	K
165	46 Мал. Льва . .	3.92		49	24	3.4	+34 35.6	19	K
166	β Б. Медведицы.	2.44		57	38	3.6	+56 45.5	19	A
167	α Б. Медведицы.	1.95		59	25	3.7	+62 7.8	19	K
168	ψ Б. Медведицы.	3.15	11	5	44	3.4	+44 52.7	20	K
169	δ Льва	2.58		10	23	3.2	+20 54.5	20	A3
170	θ Льва	3.41		10	34	3.1	+15 48.7	20	A
171	ν Б. Медведицы.	3.71		14	42	3.2	+33 28.6	20	K
172	δ Чаши	3.82		15	50	3.0	−14 24.0	19	K
173	ξ Гидры	3.72		29	33	2.9	−31 28.2	20	G5
174	χ Б. Медведицы.	3.85		42	21	3.2	+48 10.1	20	K
175	β Льва	2.23		45	29	3.1	+14 57.8	20	A2
176	β Девы	3.80		47	3	3.1	+ 2 9.6	21	F8
177	γ Б. Медведицы.	2.54		50	9	3.2	+54 5.0	20	A
178	ε Ворона	3.21	12	6	31	3.1	−22 13.8	20	K
179	δ Б. Медведицы.	3.44		11	58	3.0	+57 25.3	20	A2
180	γ Ворона	2.78		12	12	3.1	−17 9.2	20	B8
181	η Девы	4.00		16	19	3.1	− 0 16.7	20	A
182	δ Ворона	3.11		26	14	3.1	−16 7.6	20	A
183	κ Дракона . . .	3.88		30	30	2.6	+70 10.4	20	B5p
184	β Ворона	2.84		30	42	3.1	−23 0.6	20	G5
*185	γ Девы	2.91		38	7	3.0	− 1 3.9	20	F
186	ε Б. Медведицы.	1.68		50	57	+ 2.6	+56 20.4	−20	Ap

24. Продолжение.

№	Название звезды.	Звездн. велич.	α ч.	м.	с.	Годов. измен. α с.	δ °	'	Годов. измен. δ "	Спектр.
187	δ Девы	3.66	12	52	5	+ 3.0	+ 3	46.7	−20	Ma
*188	12 Гончих Псов	2·90		52	45	2.8	+38	41.8	19	Ap
189	ε Девы	2.95		58	41	3.0	+11	20.1	19	K
190	γ Гидры	3.33	13	15	7	3.3	−22	48.2	19	G5
191	ι Центавра	2.91		16	39	3.4	−36	20.6	19	A2
*192	ζ¹ Б. Медведицы	2.40		21	7	2.4	+55	17.4	19	A2p
193	α Девы	1.21		21	30	3.2	−10	47.8	19	B2
194	d Центавра	3.96		26	58	3.5	−39	1.8	19	K
195	ζ Девы	3.44		31	7	3.1	− 0	14.3	18	A2
196	η Б. Медведицы	1.91		44	47	2.4	+49	39.7	18	B3
197	ν Центавра	3·53		45	18	3.6	−41	20.4	18	B2
198	μ Центавра	3.32		45	23	3.6	−42	7.5	18	B2p
199	η Волопаса	2.80		51	21	2.9	+18	44.9	18	G
200	π Гидры	3.48	14	2	23	3.4	−26	20.7	17	K
201	θ Центавра	2.26		2	33	3.5	−36	1.6	18	K
202	α Дракона	3.64		2	30	1.6	+64	42.6	17	A
203	α Волопаса	0.24		12	28	2.7	+19	32.8	19	K
204	ρ Волопаса	3.78		28	49	2.6	+30	40.7	16	K
205	γ Волопаса	3.00		29	16	2.4	+38	36.8	16	F
206	η Центавра	2·65		31	3	3.8	−41	51.1	16	B3p
207	μ Девы	3.95		39	22	3.2	− 5	21.3	16	F5
*208	ε Волопаса	2.70		41	56	2.6	+27	22.1	15	K
209	109 Девы	3.76		42	42	3.0	+ 2	11.2	15	A
210	α² Весов	2.90		47	0	+ 3.3	−15	45.1	15	A3
211	β М. Медведицы	2.24		50	53	− 0.2	+74	26.5	15	K5
212	β Волка	2.81		53	56	+ 3.9	−42	51.2	15	B2p
213	κ Центавра	3.35		54	36	3.9	−41	49.5	14	B3
214	β Волопаса	3.63		59	18	2.6	+40	40.0	14	G5
215	γ Скорпиона	3.41		59	58	3.5	−25	0.5	14	Mb
216	δ Волопаса	3.54	15	12	41	2.4	+33	34.5	14	K
217	β Весов	2.74		13	14	3.2	− 9	7.5	13	B8
218	δ Волка	3.43		16	46	3.9	−40	23.7	13	B2
219	φ¹ Волка	3.59		17	21	3.8	−36	0.5	13	K5
220	ε Волка	3.74		17	55	+ 4.1	−44	26.4	13	B3
221	γ М. Медведицы	3.14		20	49	− 0.1	+72	5.0	13	A2
222	ι Дракона	3.47		23	22	+ 1.3	+59	12.6	13	K
223	β Сев. Короны	3.72		24	56	2.5	+29	20.8	12	Fp
224	γ Волка	2.95		30	28	4.0	−40	56.0	12	B3
225	α Сев. Короны	2.31		31	43	+ 2.5	+26	57.0	−12	A

24. Продолжение.

№	Название звезды.		Звездн. велич.	α			Годов. измен. α	δ		Годов. измен. δ	Спектр.
				ч.	м.	с.	с.	°	′	″	
226	—	Скорпиона . .	3.78	15	32	46	+3.6	−27	54.3	−12	K2
227	—	Скорпиона . .	3.80		34	21	3.6	−29	32.9	12	B3
228	γ	Сев. Короны .	3.93		39	48	2.5	+26	31.0	11	A
229	α	Змеи	2.75		40	49	3.0	+ 6	38.7	11	K
230	β	Змеи	3.74		42	57	2.3	+15	38.4	11	A2
231	μ	Змеи	3.63		45	58	3.1	− 3	13.0	11	A
232	ε	Змеи	3.75		47	19	3.0	+ 4	41.2	11	A2
233	γ	Змеи	3.86		53	13	2.8	+15	53.3	12	F5
234	π	Скорпиона . .	3.00		54	37	3.6	−25	54.8	10	B2
235	η	Волка . . .	3.61		55	29	4.0	−38	11.9	10	B3
236	δ	Скорпиона . .	2.54		56	11	3.5	−22	25.4	10	B
*237	β¹	Скорпиона . .	2.90	16	1	22	3.5	−19	36.9	10	B1
238	δ	Змееносца . .	3.03		10	40	3.1	− 3	30.9	9	Ma
239	ε	Змееносца . .	3.34		14	37	3.2	− 4	31.4	9	K
240	σ	Скорпиона . .	3.10		16	56	3.6	−25	25.6	9	B1
241	τ	Геркулеса . .	3.91		17	38	1.8	+46	28.8	9	B5
242	γ	Геркулеса . .	3.79		18	50	2.6	+19	19.0	8	F0
243	η	Дракона . . .	2.89		23	2	0.8	+61	40.3	8	G5
244	α	Скорпиона . .	1.22		25	7	3.7	−26	16.7	8	Ma
245	β	Геркулеса . .	2.81		27	13	2.6	+21	38.5	8	K0
*246	λ	Змееносца . .	3.81		27	23	3.0	+ 2	8.2	8	A0
247	τ	Скорпиона . .	2.91		31	31	3.7	−28	4.3	8	B0
248	ζ	Змееносца . .	2.70		33	18	3.3	−10	25.6	7	B0
249	ζ	Геркулеса . .	3.00		38	39	2.2	+31	43.7	6	G
250	η	Геркулеса . .	3.61		40	30	2.1	+39	3.3	7	K
251	ε	Скорпиона . .	2.36		45	38	3.9	−34	10·1	7	K
252	μ¹	Скорпиона . .	3.09		47	7	4.1	−37	55.8	6	B3p
253	μ²	Скорпиона . .	3.64		47	35	4.1	−37	54.0	6	B2
254	ζ²	Скорпиона . .	3.75		49	39	4.2	−42	14.6	6	K2
255	κ	Змееносца . .	3.42		54	21	2.8	+ 9	29.0	6	K
256	ε	Геркулеса . .	3.92		57	37	2.3	+31	1.7	5	A
257	η	Змееносца . .	2.63	17	6	22	3.4	−15	38.4	4	A2
258	η	Скорпиона . .	3.44		7	8	4.3	−43	8.9	5	F2
259	ζ	Дракона . . .	3.22		8	35	0.2	+65	48.0	4	B5
*260	α¹	Геркулеса .	*пер*		11	27	2.7	+14	28.1	4	Mb
261	δ	Геркулеса . .	3.16		12	9	2.5	+24	55.2	4	A2
262	π	Геркулеса . .	3.36		12	36	2.1	+36	53.2	4	K5
263	θ	Змееносца . .	3.37		17	42	3.7	−24	55.9	4	B3
264	υ	Скорпиона . .	2.80		26	0	+4.1	−37	14.5	−3	B3

24. Продолжение.

№	Название звезды.	Звездн. велич.	α			Годов. измен. α	δ	Годов. измен. δ	Спектр.
			ч.	м.	с.	с.	° ′	″	
265	λ Скорпиона	1.71	17	28	51	+ 4.1	−37 3.3	− 3	B2
266	β Дракона	2.99		28	51	1.4	+52 21.2	3	G
267	α Змееносца	2.14		31	41	2.8	+12 36.6	3	A5
268	θ Скорпиона	2.04		32	17	4.3	−42 57.3	2	F
269	ξ Змеи	3.64		33	35	3.4	−15 21.4	2	A5
270	ι Геркулеса	3.79		37	29	1.7	+46 2.6	2	B3
271	κ Скорпиона	2.51		37	39	4.1	−38 59.7	2	B2
272	β Змееносца	2.94		40	1	3.0	+ 4 35.7	2	K
273	ι^1 Скорпиона	3.14		42	41	4.2	−40 6.1	2	F5p
274	μ Геркулеса	3.48		43	43	2.3	+27 45.6	2	G5
275	γ Змееносца	3.74		44	23	3.0	+ 2 43.9	2	A
276	G Скорпиона	3.25		45	6	4.1	−37 1.4	1	K2
277	ξ Дракона	3.90		52	19	1.0	+56 53.0	1	K
278	θ Геркулеса	3.99		53	51	2.1	+37 15.5	1	K
279	γ Дракона	2.42		54	59	1.4	+51 29.8	0	K5
280	ξ Геркулеса	3.82		55	3	2.3	+29 15.3	0	K
281	ν Змееносца	3.50		55	10	3.3	− 9 46.0	− 1	K
282	67 Змееносца	3.95		57	8	3.0	+ 2 56.0	0	B5p
283	γ Стрельца	3.07	18	1	19	3.8	−30 25.6	0	K
284	72 Змееносца	3.73		4	2	2.8	+ 9 33.2	0	A3
285	ο Геркулеса	3.83		4	49	2.3	+28 45.1	0	A
286	η Стрельца	3.16		12	53	4.1	−36 47.1	+ 1	Mb
287	δ Стрельца	2.84		16	31	3.8	−29 51.6	1	K
288	η Змеи	3.42		17	41	3.1	− 2 55.1	1	K
289	ε Стрельца	1.95		19	32	4.0	−34 25.2	2	A
290	109 Геркулеса	3.92		20	43	+ 2.6	+21 44.2	2	K
291	χ Дракона	3.69		22	19	− 1.1	+72 42.2	2	F8
292	λ Стрельца	2.94		23	39	+ 3.7	−25 27.7	2	K
293	α Лиры	0.14		34	34	2.0	+38 43.1	3	A
294	φ Стрельца	3.30		41	17	3.8	−27 3.9	4	B8
295	β Лиры	*пер.*		47	30	2.2	+33 16.8	4	B2p
296	σ Стрельца	2.14		50	56	3.7	−26 23.1	4	B3
297	ξ^2 Стрельца	3.61		53	33	3.6	−21 12.0	5	K
298	γ Лиры	3.30		56	19	2.2	+32 35.6	5	Ap
299	ζ Стрельца	2.71		58	10	3.8	−29 58.9	5	A2
300	ο Стрельца	3.90	19	0	29	3.6	−21 49.7	5	K0
301	ζ Орла	3.02		2	12	2.8	+13 45.5	5	A
302	λ Орла	3.55		2	32	3.2	− 4 59.3	5	B9
303	τ Стрельца	3.42		2	33	+ 3.7	−27 46.5	+ 5	K0

24. Продолжение.

№	Название звезды.	Звездн. велич.	α			Годов. измен. α	δ		Годов. измен. δ	Спектр.
			ч.	м.	с.	с.	°	′	″	
304	π Стрельца	3.02	19	5	36	+3.6	−21	8.2	+ 6	F2
305	δ Дракона	3.24		12	33	0.0	+67	32.3	6	K
306	κ Лебедя	3.98		15	29	1.4	+53	14.3	7	K
307	ρ¹ Стрельца	3.95		17	37	3.5	−17	58.9	7	F
308	δ Орла	3.44		21	58	3.0	+ 2	58.4	7	F
*309	β¹ Лебедя	3.24		27	54	2.4	+27	48.7	7	Kp
310	ι Лебедя	3.94		27	56	1.5	+51	34.8	8	A2
311	δ Лебедя	2.98		42	47	1.9	+44	57.5	9	A
312	γ Орла	2.80		42	56	2.9	+10	26.5	9	K2
313	δ Стрелы	3.78		44	16	2.7	+18	21.6	9	Map
314	α Орла	0.89		47	22	2.9	+ 8	40.9	9	A5
315	η Орла	*пер.*		48	54	3.1	+ 0	49.5	9	Gp
316	β Орла	3.90		51	52	2.9	+ 6	13.8	9	K
317	γ Стрелы	3.71		55	39	2.7	+19	18.1	10	K5
318	θ Орла	3.37	20	7	42	3.1	− 1	1.8	11	A
*319	o² Лебедя	3.95		11	26	1.9	+46	31.7	11	Kp
320	α² Козерога	3.77		14	10	3.3	−12	45.8	11	G5
321	β Козерога	3.25		17	5	3.4	−15	0.2	11	Gp
322	γ Лебедя	2.32		19	43	2.2	+40	1.9	11	F8p
323	ε Дельфина	3.98		29	52	2.9	+11	3.9	12	B5
324	β Дельфина	3.72		34	16	2.8	+14	21.0	12	F5
325	α Дельфина	3.86		36	23	2.8	+15	39.9	13	B8
326	α Лебедя	1.33		39	3	2.0	+45	1.8	13	A2p
327	ε Лебедя	2.64		43	23	2.4	+33	42.4	13	K
328	ε Водолея	3.83		43	53	3.3	− 9	45.2	13	A
329	η Цефея	3.59		43	52	1.2	+61	34.0	14	K
330	ξ Лебедя	3.92	21	2	23	2.2	+43	38.9	14	K5
331	ζ Лебедя	3.40		9	57	2.6	+29	56.3	15	K
332	τ Лебедя	3.85		12	0	2.4	+37	44.8	15	F
333	α Цефея	2.60		16	55	1.4	+62	17.3	15	A5
334	ζ Козерога	3.86		22	40	3.4	−22	42.9	16	G5p
*335	β Цефея	3.33		27	46	0.8	+70	15.2	16	B1
336	β Водолея	3.07		27	52	3.2	− 5	52.8	16	G
337	γ Козерога	3.80		36	13	3.3	−16	58.8	16	Fp
338	ε Пегаса	2.54		40	45	2.9	+ 9	33.2	16	K
339	μ Цефея	*пер.*		41	22	1.8	+58	27.5	16	Ma
340	δ Козерога	2.98		43	11	3.3	−16	26.7	16	A5
341	γ Журавля	3.16		49	42	3.6	−37	41.7	17	B8
342	α Водолея	3.19	22	2	11	+3.1	− 0	39.6	+17	G

24. Продолжение.

№	Название звезды.	Звездн. велич.	α	Годов. измен. α	δ	Годов. измен. δ	Спектр.
			ч. м. с.	с.	° ′	″	
343	ι Пегаса	3.96	22 3 45	+ 2.8	+25 0.2	+18	F5
344	θ Пегаса	3.70	6 40	3.0	+ 5 51.2	18	A2
345	ζ Цефея	3.62	8 25	3.1	+57 51.4	17	K
346	γ Водолея	3.97	18 2	3.1	— 1 44.4	18	A
*347	δ Цефея	*пер.*	26 34	2.2	+58 3.4	19	g
348	7 Ящерицы	3.85	28 24	2.5	+49 55.3	19	A
349	ζ Пегаса	3.61	37 58	3.0	+10 27.9	19	B8
350	η Пегаса	3.10	39 43	2.8	+29 51.3	19	G
351	μ Пегаса	3.67	46 37	2.9	+24 13.9	19	K
352	ι Цефея	3.68	47 11	2.1	+65 49.9	19	K
353	λ Водолея	3.84	48 58	3.1	— 7 57.1	19	Ma
354	δ Водолея	3.51	50 56	3.2	—16 11.6	19	A2
355	α Южн. Рыб	1.29	53 47	3.3	—29 59.6	19	A3
356	ο Андромеды	3.63	58 42	2.8	+41 57.0	19	B3
357	β Пегаса	2.61	23 0 23	2.9	+27 42.2	20	Ma
358	α Пегаса	2.57	1 16	3.0	+14 49.7	19	A
359	88 Водолея	3.80	5 43	3.2	—21 33.2	20	K0
360	γ Рыб	3.85	13 32	3.1	+ 2 54.0	20	K
361	γ Цефея	3.42	36 27	+ 2.4	+77 14.5	+20	K

Наиболее употребительные названия звезд.

Алголь . . β Персея.
Альдебаран α Тельца.
Альтаир . . α Орла.
Антарес . . α Скорпиона.
Арктур . . α Волопаса.
Бетельгейзе α Ориона.
Вега . . . α Лиры.
Денеб . . . α Лебедя.
Капелла . . α Возничего
Кастор . . α Близнецов.

Мира . . . ο Кита.
Мицар . . . ζ Б. Медведицы.
Поллукс . . β Близнецов.
Полярная . α М. Медведицы.
Процион . α М. Пса.
Регул . . . α Льва.
Ригель . . β Ориона.
Сириус . . α Б. Пса.
Спика . . . α Девы.
Фомальгаут. α Южн. Рыб.

25. Двойные звезды.

В таблицу вошли звезды со склонением до — 30°, удовлетворяющие в отношении расстояния и яркости следующим условиям:

расстояние $3''.0 < d < 180''$
общая зв. величина $M \geqslant 5.5$
зв. величина спутника $m' \geqslant 3.4 + 8.1 \lg d'' - 3 \lg^2 d''$.

В первой графе таблицы даны №№ по «*General Catalogue of Double Stars*» Бернгэма; в последних трех графах приведены величины *m* составляющих по фотометрическим измерениям Гарвардской обсерватории, расстояние *d* в секундах дуги и позиционный угол *p* спутника.

Вошедшие в табл. 25 звезды доступны для 2 дюйм. трубы, кроме нескольких пар с большой разностью яркости.

В таблицу 25*А* выделены звезды с расстоянием от 0″.9 до 3″.0, при общей яркости не ниже 6.5, яркости спутника не ниже 7.3 зв. вел. и разнице в яркости составляющих не более 2.5 зв. вел., могущие послужить для испытания труб от 2 до 5 дюймов. Расстояния и углы пар, обладающих относительным движением, приведены по измерениям последних лет, преимущественно 1926—1927. Величины составляющих, для которых отсутствуют фотометрические измерения, даны по оценкам наблюдателей, редуцированным к Гарвардской шкале Эпиком, (*Publications de l'Observ. Astronomique de l'Univ. de Tartu (Dorpat) Tome XXV № 6*).

Примечания к обеим таблицам даны в конце табл. 25*А*.

βGC	1900. α	1900. δ	Название звезды.		*m*	*d*	*p*
	ч. м.	° ′				″	°
329	0 31.5	+33 10	π	Андромеды	4.4—8.7	36	174
426	0 43.0	+57 17	η	Кассиопеи	3.7—7.4	8	265
439	0 44.5	+27 10	65	Рыб	6.3—6.3	4	117
570	1 0.3	+20 56	ψ	Рыб	5.6—5.8	30	160
648	1 8.5	+ 7 3	ζ	Рыб	5.6—6.5	24	64
655	1 9.4	— 8 28	37	Кита	5.2—7.8	50	331
713	1 22.6	+88 46	α	М. Медведицы	2.1—8.8	18	216
993	1 48.0	+18 49	γ	Овна	4.8—4.9	8	0
1028	1 52.4	+23 7	λ	Овна	5.0—7.5	37	46
1070	1 57.8	+41 51	γ	Андромеды	2.3—5.1	10	62
1125	2 4.8	+38 34	59	Андромеды	6.0—6.7	17	36
1137	2 6.6	+29 50	ι	Треугольника	5.4—7.0	4	73
1262	2 20.8	+66 57	ι	Кассиопеи *AC*	4.7—8.1	7	111
1322	2 29.5	—28 40	ω	Печи	5.0—7.7	10	244
—	2 29.7	+34 15	15	Треугольника	5.6—6.8	140	18
1401	2 38.1	+ 2 49	γ	Кита	3.7—6.2	3	295
1440	2 43.4	+55 29	η	Персея	3.9—8.7	28	301
1510	2 53.7	+51 57	—	Персея	5.4—6.8	12	85

25. Продолжение.

βGC	1900. α	δ	Название звезды.		m	d	p
	ч. м.	° ′				″	°
1875	3 41.5	+23 48	η Тельца	AB	3.0—6.3	117	289
1939	3 49.2	— 3 14	32 Эридана		4.9—6.3	7	349
1950	3 51.1	+39 43	ε Персея		3.0—8.0	9	11
2130	4 14.2	+27 7	φ Тельца		5.1—8.5	52	249
2147	4 16.5	+25 24	χ Тельца		5.5—8.3	19	25
2220	4 24.1	+53 42	1 Жирафа		5.8—6.8	10	306
2267	4 30.2	+ 9 57	88 Тельца		4.4—7.7	70	299
2313	4 36.2	+22 46	τ Тельца		4.3—7.1	63	213
2432	4 51.5	— 5 20	62 Эридана		5.5—8.1	66	75
2455	4 54.5	+60 18	10 Жирафа		4.2—7.6	81	209
2480	4 57.4	+58 50	11 Жирафа		5.4—6.2	180	8
2591	5 8.9	+32 34	14 Возничего		5.2—8.1	15	225
2605	5 9.7	— 8 19	β Ориона		0.3—6.7	9	201
2666	5 14.9	—18 38	— Зайца		6.2—6.3	39	18
2692	5 17.6	+ 3 27	23 Ориона		5.1—7.2	32	28
2695	5 17.7	—24 52	— Зайца		5.5—6.7	3	99
2751	5 23.1	+25 4	118 Тельца		5.9—6.7	5	202
2789	5 26.4	+16 59	— Тельца		6.0—6.4	10	141
2796	5 26.9	— 0 22	δ Ориона		2.5—6.9	52	0
2821	5 29.6	+ 9 52	λ Ориона		3.7—5.6	4	47
2833	5 30.1	— 6 5	— Ориона		4.7—5.6	36	223
2837	5 30.4	— 5 27	θ¹ Ориона	AB	5.4—6.8	13	312
				AC	6.8	13	61
				BD	7.9	9	32
2839	5 30.5	— 5 29	θ² Ориона	AB	5.4—6.8	52	93
				AC	7.6	128	98
			θ¹-θ² Ориона	AA	5.4—5.4	135	134
2843	5 30.5	— 5 59	ι Ориона		2.9—7.3	11	141
2857	5 32.2	+30 26	26 Возничего		5.5—8.6	12	268
2883	5 33.7	— 2 39	σ Ориона	AB	3.9—6.9	12	83
				AC	6.7	41	61
2948	5 40.3	—22 29	γ Зайца		3.8—6.3	95	349
3185	6 3.8	+ 2 31	— Ориона		5.9—7.0	29	114
3349	6 18.5	+ 4 39	ε Единорога		4.5—6.6	14	25
3402	6 24.0	— 6 58	β Единорога	AB	4.7—5.2	7	131
3559	6 37.4	+59 33	12 Рыси		4.9—7.5	8	307
3585	6 39.5	+43 41	ψ⁵ Возничего		5.3—8.3	43	26
3587	6 39.9	+55 49	— Рыси		6.3—6.3	5	258
3692	6 49.0	+13 18	38 Близнецов		4.8—7.5	7	156
3797	6 58.2	+20 43	ζ Близнецов		*пер*-7.5	97	350
3954	7 12.4	—23 8	— Б. Пса		5.1—6.5	27	61
3970	7 14.2	+22 10	δ Близнецов		3.5—8.0	7	208

25. Продолжение.

βGC	1900. α	δ	Название звезды.		m	d	p
	ч. м.	° ′				″	°
3973	7 14.7	+55 28	19	Рыси . . .	5.6—6.5	15	315
4122	7 28.2	+32 6	α	Близнецов *AB* .	2.0—2.8	5	212
4147	7 30.1	—23 15	*n*	Кормы . . .	5.9—6.0	9	109
4197	7 34.7	—26 34	*k*	Кормы . . .	4.5—4.6	10	318
4250	7 40.9	—14 27	2	Кормы . . .	6.1—6.8	17	339
4477	8 6.5	+17 57	ζ	Рака . .	5.1—6.1	6	106
4480	8 6.6	—12 37	19	Кормы . . .	4.7—8.0	71	256
4601	8 20.7	+27 16	φ^2	Рака . . .	6.3—6.3	5	216
4608	8 20.8	—23 43	—	Кормы . . .	5.6—7.8	41	87
4763	8 40.6	+29 8	ι	Рака . . .	4.2—6.6	31	307
5090	9 22.1	+46 2	41	Рыси . . .	5.6—7.8	78	160
5110	9 24.1	— 2 19	τ^1	Гидры . . .	4.8—8.2	65	4
5388	10 14.5	+20 21	γ	Льва . . .	2.6—3.8	4	118
5603	10 50.2	+25 17	54	Льва . . .	4.5—6.3	6	107
5790	11 22.8	+ 3 24	τ	Льва . . .	5.2—7.8	92	176
5820	11 27.3	—28 43	*N*	Гидры . . .	5.8—5.9	9	210
6180	12 23.9	+26 28	17	Вол. Вероники .	5.4—6.7	145	251
6183	12 24.7	—15 58	δ	Ворона . . .	3.1—8.2	24	214
6212	12 30.1	+18 56	24	Вол. Вероники .	5.2—6.7	20	270
6239	12 36.1	—12 28	—	Ворона . . .	6.0—6.1	6	307
6243	12 36.6	— 0 54	γ	Девы . . .	3.7—3.7	6	320
6303	12 48.4	+83 57	—	Жирафа . .	5.3—5.8	22	327
6313	12 51.4	+38 52	12	Гонч. Псов . .	2.9—5.4	20	227
6482	13 19.9	+55 27	ζ	Б. Медведицы .	2.4—3.9	14	150
6546	13 31.3	—25 59	*f*	Гидры . . .	5.9—6.9	10	192
6778	14 9.9	+52 15	ϰ	Волопаса . .	4.6—6.6	13	236
6802	14 12.6	+51 50	ι	Волопаса . .	4.8—8.2	38	33
6842	14 18.5	+ 8 54	—	Волопаса . .	5.1—6.6	6	188
6954	14 36.0	+16 51	π	Волопаса . .	4.9—5.8	6	105
7034	14 46.8	+19 31	ξ	Волопаса . .	4.8—6.8	3	40
7120	15 0.5	+48 3	44	Волопаса . .	5.3—6.0	3	246
7258	15 20.7	+37 44	μ	Волопаса . .	4.5—6.7	108	171
7318	15 30.0	+10 53	δ	Змеи . . .	4.2—5.1	4	184
7352	15 35.6	+36 58	ζ	Сев. Короны .	5.1—6.0	6	304
7487	15 58.9	—11 6	ξ	Скорпиона . .	4.1—6.8	8	60
7493	15 59.6	—19 32	β	Скорпиона . .	2.9—5.1	13	23
7514	16 3.6	+17 19	ϰ	Геркулеса . .	5.3—6.5	29	12
7533	16 6.2	—19 12	ν	Скорпиона . .	4.3—6.5	41	336
7563	16 10.9	+34 7	σ	Сев. Короны .	5.8—6.7	5	221
7613	16 19.6	—23 13	ρ	Змееносца . .	5.2—5.9	3	350
7672	16 28.8	+45 49	—	Геркулеса . .	5.6—8.5	17	195

25. Продолжение.

βGC	1900 α	1900 δ	Название звезды.	*m*	*d*	*p*
	ч. м.	° ′			″	°
7702	16 33.9	+53 7	17 Дракона *AB*	5.6—6.6	4	112
			AC	5.6	90	194
7711	16 35.7	+ 4 25	37 Геркулеса	5.7—6.8	70	230
7905	17 9.2	−26 27	36 Змееносца	5.3—5.3	4	177
7914	17 10.1	+14 30	α Геркулеса	3.5—5.6	5	111
7928	17 11.9	−24 11	ο Змееносца	5.4—6.9	11	356
8003	17 20.2	+37 14	ρ Геркулеса	4 5—5.5	4	314
8076	17 30.3	+55 14	ν Дракона	5.0—5.0	62	312
8182	17 43.7	+72 12	ψ Дракона	4 9—6.1	30	16
8284	17 55.6	+ 2 56	67 Змееносца	3.9—8.0	55	142
8302	17 57.3	+21 36	95 Геркулеса	5.1—5.2	6	260
8340	18 0.4	+ 2 31	70 Змееносца	4.3—6.0	6	129
8377	18 3.8	+26 5	100 Геркулеса	5.9—6.0	14	3
8441	18 7.6	+79 59	41 Дракона	5.8—6.2	20	233
8574	18 22.5	+58 45	39 Дракона *AC*	4.9—7.7	89	21
8788	18 41.3	+37 30	ζ Лиры	4.3—5.7	44	50
8868	18 46.4	+33 15	β Лиры	*пер.*-7.8	46	149
8906	18 49.7	+59 16	ο Дракона	4.8—8.1	33	332
8914	18 51.2	+ 4 4	θ Змеи	4.5—5.4	22	103
9005	18 59.7	— 4 11	15 Орла	5.8—7.2	37	208
9144	19 10.4	+38 58	η Лиры	4.5—8.5	28	83
9207	19 15.0	+12 11	28 Орла	5.4—8.5	60	175
9374	19 26.7	+27 45	β Лебедя	3.2—5.3	34	55
9456	19 35.0	−16 31	54 Стрельца	5.5—8.3	45	42
9617	19 42.6	+33 30	γ_1 Лебедя	5.1—8.5	26	70
9707	19 49.2	— 8 29	57 Орла	5.8—6.5	36	170
10036	20 10.5	+46 26	o^2 Лебедя *AB*	4.0—7.1	107	174
10509	20 42.0	+15 46	γ Дельфина	4.5—5.5	11	73
10643	20 54.1	+ 3 55	ε М. Коня	5.5—7.1	11	73
10732	21 2.4	+38 15	61 Лебедя	5.6—6.3	24	133
11046	21 27.4	+70 7	β Цефея	3.3—7.8	13	249
11160	21 35.9	+57 2	— Цефея *AB*	6.0—7.7	12	120
			AC	7.8	20	339
11483	22 0.9	+64 8	ξ Цефея	4.6—6.5	7	280
11582	22 8.4	+69 38	— Цефея	5.6—8.3	15	253
11576	22 8.8	−21 34	41 Водолея	5.6—7.4	5	116
11772	22 25.5	+57 54	δ Цефея	*пер.*-6.3	41	192
11839	22 31.4	+39 7	8 Ящерицы *AB*	5.8—6.5	22	186
12292	23 13.8	−14 0	94 Водолея	5.4—7.6	13	346
12405	23 25.4	+58 0	— Кассиопеи	4 9—6.9	76	269
12543	23 40.8	−19 14	107 Водолея	5.8—6.7	[illegible]	140

25A. Двойные звезды для испытания труб.

βGC	1900 α		1900 δ		Название звезды.		m	d	p
	ч.	м.	°	′				″	°
12755	0	1.0	+57	53	—	Кассиопеи	6.5—7.3	1.4	31
92	0	10.6	+76	24	—	Цефея	6.9—7.1	0.9	76
707	1	14.7	— 1	2	42	Кита	6.4—7.2	1.6	2
718	1	17.0	+57	37	—	Кассиопеи	7.0—7.2	1.0	147
877	1	36.8	—11	49	—	Кита	6.1—7.3	2.9	89
941	1	43.3	+47	24	—	Персея	6.5—7.1	2.1	212
963	1	44.6	+21	47	1	Овна	6.3—7.1	2.7	167
1061	1	56.9	+ 2	17	α	Рыб	4.3—5.2	2.4	309
1262	2	20.8	+66	57	ι	Кассиопеи *AB*	4.7—7.0	2.4	250
1459	2	45.8	+52	35	—	Персея	7.3—7.3	1.5	304
1512	2	53.5	+20	56	ε	Овна	5.2—5.6	1.7	204
1952	3	53.3	+80	26	—	Цефея	5.7—6.5	0.9	65
2543	5	3.5	+37	11	—	Возничего	6.8—7.1	1.6	219
2706	5	18.8	— 0	57	—	Ориона	6.8—6.8	2.3	163
2712	5	19.4	— 2	29	η	Ориона	3.7—5.1	1.4	80
2902	5	35.7	— 2	0	ζ	Ориона	2.0—4.2	2.6	158
2976	5	42.6	+ 6	25	52	Ориона	6.0—6.1	1.5	209
3402	6	24.0	— 6	58	β	Единорога *BC*	5.2—5.6	2.6	107
3559	6	37.4	+59	33	12	Рыси *AB*	5.4—6.0	1.6	105
4839	8	48.1	+ 3	57	57	Рака	6.2—6.5	1.5	323
5011	9	12.3	+35	47	—	Рыси	6.4—6.6	1.7	44
5014	9	12.6	+37	14	38	Рыси	4.0—5.8	2.9	235
5103	9	23.1	+ 9	30	ω	Льва	5.9—6.8	1.1	132
5734	11	12.9	+32	6	ξ	Б. Медведицы	4.4—4.9	2.3	87
6363	12	58.4	—20	3	—	Девы	6.3—6.5	0.9	135
6455	13	15.7	+ 3	28	—	Девы	6.7—7.3	1.0	187
6566	13	33.0	+36	48	25	Гонч. Псов	5.1—7.1	1.4	120
6993	14	40.6	+27	30	ε	Волопаса	2.7—5.1	2.8	333
7012	14	43.8	—12	44	μ	Весов	5.8—6.6	1.9	348
7487	15	58.9	—11	6	ξ	Скорпиона *AB*	4.8—5.0	1.2	8
7533	16	6.2	—19	12	ν	Скорпиона *AB*	4.6—5.9	1.1	3
7632	16	22.5	+61	56	—	Дракона	6.0—7.0	1.0	356
7649	16	25.9	+ 2	12	λ	Змееносца	4.1—5.5	0.9	96
7878	17	3.2	+54	36	μ	Дракона	5.8—5.8	2.3	120
8241	17	52.0	+ 0	5	—	Змееносца	6.8—7.0	1.0	279
8303	17	57.6	— 8	11	τ	Змееносца	5.3—6.0	2.1	264
8398	18	5.7	+16	27	—	Геркулеса	6.6 7.3	1.1	228
8663	18	31.4	+16	54	—	Геркулеса	6.8—7.0	1.8	184
8776	18	40.5	+ 5	23	—	Змеи	6.3—6.8	2.4	116
8783	18	41.0	+39	34	ε^1	Лиры	5.1—6.0	2.9	8
8785	18	41.1	+39	30	ε^2	Лиры	5.1—5.4	2.2	116
9634	19	44.0	+11	34	π	Орла	6.2—6.7	1.5	115
10228	20	23.2	—18	9	ρ	Козерога	5.1—7.2	2.3	167

25A. Продолжение.

βGC	1900		Название звезды.		m	d	p
	α	δ					
	ч. м.	° ′				″	°
10533	20 43.5	+36 7	λ	Лебедя . . .	4.8—5.9	1.1	44
10559	20 46.1	— 6 0	4	Водолея . . .	6.4—7.2	0.9	347
10659	20 55.3	+50 40	—	Лебедя . . .	5.9—6.7	1.9	28
10698	20 58.7	— 6 13	12	Водолея . . .	5.9—7.3	2.9	194
10713	20 59.4	+56 16	—	Цефея . . .	6.2—6.8	1.7	351
11214	21 39.6	+28 18	μ	Лебедя . . .	4.7—6.1	1.3	144
11334	21 49.1	+65 17	—	Цефея . . .	7.0—7.3	1.9	142
11691	22 18.9	— 5 20	59	Водолея . . .	6.5—6.7	0.9	348
11743	22 23.7	— 0 32	ζ	Водолея . . .	4.4—4.6	2.7	301
12094	22 54.2	+11 12	52	Пегаса . . .	6.2—7.2	0.9	237
12666	23 53.9	+55 12	σ	Кассиопеи . .	5.1—7.0	2.9	327
12675	23 54.4	+33 11	—	Андромеды . .	6.5—6.6	2.0	231

Примечания к табл. 25.

426. Бинарная система с большим периодом обращения.

1070. Резкий контраст в цветах—оранжевая и зеленая.

1262. *AB* см. табл. 25A.

1875. *C* 7.6 вел., *D* 8.2 вел. *AC d* 181″ *p* 312°; *AD d* 191° *p* 295°.

2833. *B* 481″ от ι Ориона (*GC*2843).

2883. *D* 9.2 вел. *AD d* 11″ *p* 237°.

3402. *BC* см. табл. 25A.

3559. *AB* см. табл. 25A.

4122. Бинарная система с большим периодом обращения. Спутн. *C* — переменный (9.0—9.7 вел., пер. 0.8 дня). *AC d* 73″ *p* 164°.

4477. *AB*—бинарная система с периодом 60 лет. *A* 5.6 вел., *B* 6.2 вел.; *AB* (1926) *d* 0″.7 *p* 227°.

6243. Бинарная система; период 182 года.

6482. *g* Б. Медведицы (Алькор) в 707″ под углом 72°.

7034. Бинарная система. Расстояние увеличивается.

7120. Расстояние уменьшается.

7487. *AB* см. табл. 25A. Вблизи (*d* 280″ *p* 169°) *GC*7488: *A* 7.5 вел., *B* 8.3 вел.; *AB d* 11″ *p* 101°.

7533. См. также табл. 25*A*.

7914. Темно-желтая и голубая.

8340. Бинарная система; период 88 лет.

8574. *B* 7.6 вел.; *AB d* 3″.6 *p* 358°.

8868. *C* 9.4 вел., *D* 9.6 вел. *AC d* 67″ *p* 318°; *AD d* 86″ *p* 19°.

9374. Весьма резко выраженные цвета: желтая и ярко-голубая.

10036. *C* 5.1 вел. *AC d* 338″ *p* 323°.

11839. *c* 8.9 вел. *BC d* 67″ *p* 150°

Примечания к табл. 25 A.

1262. *AC* см. табл. 25.

3402. *AB* см. табл. 25.

3559. *AC* см. табл. 25.

5103. Период обращения 117 лет.

5734. Период обращения 60 лет.

7487. *AC* см. табл. 25.

7533. *C* 6.9 вел., *D* 7.6 вел.; *CD d* 2″.1 *p* 51°. *AB — CD* см. табл. 25.

8783, 8785 ε^1—ε^2 Лиры: *d* 210″ *p* 172°.

11214. Расстояние уменьшается. Спутн. *C* 6.7 вел. *AC d* 203″ *p* 52°.

26. Нахождение общей величины двух звезд.

Для нахождения общей величины двух звезд следует из значения величины более яркой звезды вычесть поправку $\Delta m'$, отыскиваемую по аргументу Δm разности величин обеих звезд.

Δm	$\Delta m'$	Δm	$\Delta m'$	Δm	$\Delta m'$
0.00—0 01	0.75	0.57—0.59	0.50	1.45—1.49	0.25
0.02—0.03	74	0.60—0.62	49	1.50—1.54	24
0.04—0.05	73	0.63—0.65	48	1.55—1.59	23
0.06—0.07	72	0.66—0.67	47	1.60—1.65	22
0.08—0.09	71	0.68—0.70	46	1.66—1.70	21
0.10—0.11	70	0.71—0.73	45	1.71—1.76	20
0.12—0.13	69	0.74—0.76	44	1.77—1.82	19
0.14—0.16	68	0.77—0.79	43	1.83—1.89	18
0.17—0.18	67	0.80 0.83	42	1.90—1.96	17
0.19—0.20	66	0.84—0.86	41	1.97—2.03	16
0.21—0.22	65	0.87—0.89	40	2.04—2.11	15
0.23—0.24	64	0.90—0.92	39	2.12—2.19	14
0.25—0.27	63	0.93—0.96	38	2.20—2.28	13
0.28—0.29	62	0.97—0.99	37	2.29—2.37	12
0.30—0.31	61	1.00—1.03	36	2.38—2.48	11
0.32—0.34	60	1.04—1.07	35	2.49—2.59	10
0.35—0.36	59	1.08—1.10	34	2.60—2.72	09
0.37—0.39	58	1.11—1.14	33	2.73—2.86	08
0.40—0.41	57	1.15—1.18	32	2.87—3.02	07
0.42—0.43	56	1.19—1.22	31	3.03—3.21	06
0.44—0.46	55	1.23—1.26	30	3.22—3.43	05
0.47—0.48	54	1.27—1.30	29	3.44—3.71	04
0.49—0.51	53	1.31—1.35	28	3.72—4.08	03
0.52—0.54	52	1.36—1.39	27	4.09—4.64	02
0.55—0.56	0.51	1.40—1.44	0 26	4.65—5.83	0.01
				5.84— ∞	0.00

Пример. Найти общую величину M двух звезд по величинам составляющих 6.37 и 7.29.

$$\Delta m = 7.29 - 6.37 = 1.08$$
$$M = 6.37 - 0.34 = 6.03.$$

27. Переменные звезды.

В таблице дан полный каталог открытых до 1929 переменных звезд со склонением севернее — 35°, подымающихся в максимуме выше 7.5 величины.

В дополнительных таблицах *A*, *B*, *C*, *D* и *E* приняты следующие обозначения:

M—m средний интервал между максимумом и минимумом, выраженный в сутках,

D продолжительность изменения яркости в минимуме, выраженная в часах,

d продолжительность постоянной яркости в минимуме в часах,

S спектр.

Периоды всех переменных даны в сутках. Эпохи максимумов и минимумов долгопериодических отнесены к 1928. Фотографические величины набраны жирным шрифтом.

Главнейшим источником при составлении таблиц послужил *R. Prager. Katalog und Ephemeriden der Veränderlichen Sterne.* 1928. Типы долгопериодических приведены по Л. Кэмпбеллу (*L. Campbell. A Tentative Classification of Long Period Variables,* 1920).

№	Звезда.	1900		Таблица.	№	Звезда.	1900		Таблица.
		α	δ				α	δ	
		ч. м.	° ′				ч. м.	° ′	
1	R *And.*	0 18.8	+38 1	*A*	18	RR *Ari*	1 50.3	+23 5	*D*
2	W „	2 11.2	+43 51	*A*	19	R *Aur*	5 9.2	+53 28	*A*
3	RS „	23 50.3	+48 5	*E*	20	RT „	6 22.1	+30 33	*B*
4	S *Ant*	9 27.9	−28 11	*C*	21	RX „	4 54.5	+39 49	*B*
5	R *Aql*	19 1.6	+ 8 5	*A*	22	TW „	5 49.7	+45 30	*D*
6	U „	19 24.0	− 7 15	*B*	23	UU „	6 29.7	+38 32	*E*
7	V „	18 59.1	− 5 50	*D*	24	WW „	6 25.9	+32 32	*C*
8	RT „	19 33.3	+11 30	*A*	25	AB „	4 49.4	+30 24	*D*
9	TT „	19 3.2	+ 1 9	*B*	26	AE „	5 9.7	+34 12	*D*
10	UW „	18 52.5	+ 0 19	*E*	27	β „	5 52.2	+44 56	*C*
11	η „	19 47.4	+ 0 45	*B*	28	ε „	4 54.8	+43 40	*C*
12	R *Aqr*	23 38.7	−15 50	*A*	29	R *Boo*	14 32.8	+27 10	*A*
13	T „	20 44.7	− 5 31	*A*	30	V „	14 25.7	+39 18	*A*
14	Z „	23 47.1	−16 25	*A*	31	W „	14 39.0	+26 57	*D*
15	R *Ari*	2 10.4	+24 35	*A*	32	RV „	14 35.0	+32 58	*A*
16	T „	2 42.8	+17 6	*A*	33	RW „	14 37.0	+32 0	*E*
17	U „	3 5.5	+14 25	*A*	34	RX „	14 19.7	+26 10	*E*

27. Продолжение.

№	Звезда.	1900		Таблица	№	Звезда.	1900		Таблица
		α	δ				α	δ	
		ч. м.	° ′				ч. м.	° ′	
35	RY *Boo*	14 45.2	+23 27	*E*	75	W *Cet*	23 57.0	−15 14	*A*
36	*i* „	15 0.1	+48 1	*C*	76	*o* „	2 14.3	− 3 26	*A*
37	R *Cam*	14 25.1	+84 17	*A*	77	R *CMa*	7 14.9	−16 12	*C*
38	T „	4 30.4	+65 57	*A*	78	W „	7 3.4	−11 46	*E*
39	U „	3 33.2	+62 19	*D*	79	R *CMi*	7 3.2	+10 11	*A*
40	X „	4 32.8	+74 55	*A*	80	R *Cnc*	8 11.1	+12 2	*A*
41	ST „	4 40.9	+68 0	*E*	81	V „	8 16.0	+17 36	*A*
42	RT *Cap*	20 11.3	+21 38	*E*	82	X „	8 49.8	+17 37	*D*
43	R *Cas*	23 53.3	+50 50	*A*	83	RS „	9 4.6	+31 22	*D*
44	S „	1 12.3	+72 5	*A*	84	RT „	8 52.8	+11 14	*E*
45	T „	0 17.8	+55 14	*A*	85	T *Col*	5 15.6	−33 49	*A*
46	V „	23 7.4	+59 9	*A*	86	R *Com*	11 59.1	+19 20	*A*
47	RU „	1 5.2	+64 29	*E*	87	R *CrB*	15 44.5	+28 28	*D*
48	RZ „	2 39.9	+69 13	*C*	88	S „	15 17.3	+31 44	*A*
49	SU „	2 43.1	+68 29	*B*	89	V „	15 46.0	+39 53	*A*
50	SV „	23 34.2	+51 43	*A*	90	RR „	15 37.8	+38 53	*D*
51	TU „	0 20.9	+50 44	*B*	91	R *Crv*	12 14.5	−18 42	*A*
52	TV „	0 13.9	+58 35	*C*	92	R *CVe*	13 44.7	+40 2	*A*
53	WZ „	23 56.2	+59 48	*E*	93	V „	13 15.1	+46 3	*A*
54	YZ „	0 39.0	+74 26	*C*	94	Y „	12 40.4	+45 59	*E*
55	α „	0 34.8	+55 59	*D*	95	R *Cyg*	19 34.1	+49 59	*A*
56	δ „	1 19.3	+59 43	*C*	96	U „	20 16.5	+47 35	*A*
57	ρ „	23 49.4	+56 57	*D*	97	V „	20 38.1	+47 47	*A*
58	T *Cen*	13 36.0	−33 6	*A*	98	W „	21 32.2	+44 56	*A*
59	Y „	14 25.1	−29 39	*D*	99	X „	20 39.5	+35 14	*B*
60	TW *Cen*	13 52.0	−30 35	*E*	100	Y „	20 48.1	+44 17	*C*
61	S *Cep*	21 36.5	+78 10	*A*	101	Z „	19 58.6	+49 46	*A*
62	T „	21 8.2	+68 5	*A*	102	RS „	20 9.8	+38 26	*A*
63	U „	0 53.4	+81 20	*C*	103	RT „	19 40.8	+48 32	*A*
64	V „	23 51.8	+82 38	*E*	104	RU „	21 37.3	+53 52	*A*
65	RX „	0 41.9	+81 25	*E*	105	RV „	21 39.1	+37 34	*D*
66	SS „	3 33.8	+80 0	*E*	106	SU „	19 40.8	+29 1	*B*
67	VV „	21 54.0	+63 9	*D*	107	TT „	19 37.1	+32 23	*D*
68	VW „	20 38.7	+75 14	*C*	108	UX „	20 50.9	+30 2	*A*
69	δ „	22 25.5	+57 54	*B*	109	AF „	19 27.2	+45 56	*D*
70	μ „	21 40.5	+58 19	*D*	110	AX „	19 54.0	+44 0	*E*
71	R *Cet*	2 20.9	− 0 38	*A*	111	CH „	19 21.9	+50 2	*A*
72	S „	0 19.0	− 9 53	*A*	112	CN „	20 15.9	+59 30	*A*
73	T „	0 16.7	−20 37	*A*	113	χ² „	19 46.7	+32 40	*A*
74	U „	2 28.9	−13 35	*A*	114	U *Del*	20 40.9	+17 44	*D*

27. Продолжение.

№	Звезда.	1900 α	1900 δ	Таблица	№	Звезда.	1900 α	1900 δ	Таблица
		ч. м.	° ′				ч. м.	° ′	
115	R *Dra*	16 32.4	+66 58	*A*	155	V *Hya*	10 46.8	−20 43	*A*
116	S „	16 40.8	+55 5	*D*	156	W „	13 43.4	−27 52	*A*
117	T „	17 54.9	+58 14	*A*	157	Y „	9 46.5	−22 22	*D*
118	RY „	12 52.5	+66 32	*D*	158	RT „	8 24.8	− 5 59	*A*
119	TX „	16 33.6	+60 40	*A*	159	RU „	14 5.8	−28 25	*A*
120	UW „	17 55.5	+54 41	*E*	160	SS „	13 25.0	−23 8	*C*
121	UX „	19 25.1	+76 22	*E*	161	TV „	13 31.7	−23 6	*C*
122	VW „	17 15.3	+60 47	*D*	162	R *Leo*	9 42.2	+11 54	*A*
123	VY „	15 38.6	+64 59	*E*	163	R *LMi*	9 39.6	+34 59	*A*
124	T *Eri*	3 51.0	−24 20	*A*	164	R *Lep*	4 55.1	−14 57	*A*
125	V „	3 59.6	−16 0	*D*	165	S „	6 1.6	−24 11	*D*
126	Z „	2 43.1	−12 53	*E*	166	T „	5 0.6	−22 3	*A*
127	RR „	2 47.3	− 8 41	*E*	167	RS *Lib*	15 18.5	−22 33	*A*
128	SU „	3 46.4	− 1 41	*E*	168	δ „	14 55.6	− 8 7	*C*
129	S *For*	3 42.8	−24 42	*E*	169	R *Lyn*	6 53.1	+55 28	*A*
130	R *Gem*	7 1.3	+22 52	*A*	170	Y „	7 20.9	+46 12	*E*
131	W „	6 29.2	+15 25	*B*	171	RR „	6 17.6	+56 21	*C*
132	TU „	6 4.7	+26 2	*E*	172	R *Lyr*	18 52.3	+43 49	*D*
133	TV „	7 5.8	+21 53	*D*	173	W „	18 11.5	+36 38	*A*
134	WY „	6 5.9	+23 14	*E*	174	RR „	19 22.3	+42 36	*B*
135	ζ „	6 58.2	+20 43	*B*	175	β „	18 46.4	+33 15	*C*
136	η „	6 8.8	+22 32	*D*	176	T *Mic*	20 23.1	−28 31	*E*
137	S *Her*	16 47.4	+15 7	*A*	177	T *Mon*	6 19.8	+ 7 8	*B*
138	T „	18 5.3	+31 0	*A*	178	U „	7 26.7	− 9 34	*B*
139	U „	16 21.4	+19 7	*A*	179	V „	6 17.0	− 2 9	*A*
140	X „	15 59.7	+47 31	*D*	180	X „	6 52.4	− 8 56	*A*
141	Z „	17 53.6	+15 9	*C*	181	RV „	6 53.0	+ 6 18	*D*
142	RS „	17 17.5	+23 1	*A*	182	R *Oph*	17 2.0	−15 58	*A*
143	RU „	16 6.1	+25 20	*A*	183	U „	17 11.5	+ 1 19	*C*
144	RX „	18 26.0	+12 33	*C*	184	V „	16 21.2	−12 12	*A*
145	ST „	15 47.8	+48 47	*D*	85	X „	18 33.6	+ 8 45	*A*
146	AC „	18 26.0	+21 48	*B*	186	Y „	17 47.3	− 6 7	*B*
147	α „	17 10.1	+14 30	*D*	187	χ „	16 52.9	+ 9 32	*D*
148	o „	18 3.7	+28 45	*E*	188	U *Ori*	5 49.9	+20 10	*A*
149	g „	16 25.6	+42 6	*E*	189	W „	5 0.2	+ 1 2	*E*
150	u „	17 13.4	+33 13	*C*	190	RT „	5 27.7	+ 7 5	*E*
151	R *Hya*	13 24.3	−22 46	*A*	191	VV „	5 28.5	− 1 14	*C*
152	S „	08 48.4	+ 3 27	*A*	192	BL „	6 19.8	+14 47	*E*
153	T „	08 50.8	− 8 46	*A*	193	BQ „	5 51.1	+22 50	*D*
154	U „	10 32.6	−12 52	*D*	194	CI „	5 24.7	− 1 10	*D*

27. Продолжение.

№	Звезда.	1900 α	1900 δ	Таблица.
		ч. м.	° ′	
195	CK *Ori*	5 25.1	+ 4 8	*D*
196	α „	5 49.8	+ 7 23	*D*
197	R *Peg*	23 1 6	+10 0	*A*
198	S „	23 15.5	+ 8 22	*A*
199	W „	23 14.9	+25 44	*A*
200	TW *Peg*	21 59.5	+27 52	*E*
201	S *Per*	2 15.7	+58 8	*D*
202	U „	1 52.9	+54 20	*A*
203	X „	3 49.1	+30 45	*D*
204	SU „	2 15.1	+56 9	*D*
205	β „	3 1.7	+40 34	*C*
206	ρ „	2 58.8	+38 27	*E*
207	R *Psc*	1 25.5	+ 2 22	*A*
208	Z „	1 10.6	+25 15	*E*
209	Z *Pup*	7 28.3	−20 27	*A*
210	RS „	8 9.2	−34 17	*B*
211	RY „	7 27.4	−34 47	*E*
212	U *Pix*	8 25.8	−30 0	*E*
213	S *Sge*	19 51.5	+16 22	*B*
214	U „	19 14.4	+19 26	*C*
215	R *Scl*	1 22.4	−33 4	*A*
216	S „	0 10.3	−32 36	*A*
217	Y „	23 3.7	−30 41	*D*
218	Z „	0 35.0	−34 30	*E*
219	RR *Sco*	16 50.3	−30 25	*A*
220	RV „	16 51.8	−33 27	*B*
221	RY „	17 45.6	−33 40	*B*
222	SS „	16 48.8	−32 28	*D*
223	SU „	16 34.2	−32 11	*D*
224	TX „	17 48.6	−34 13	*E*
225	BM „	17 34.4	−32 10	*D*
226	R *Sct*	18 42.2	− 5 49	*D*
227	S „	18 44.9	− 8 1	*D*
228	RZ „	18 21.1	− 9 16	*C*
229	SS „	18 38.3	− 7 50	*D*
230	R *Ser*	15 46.1	+15 26	*A*
231	d „	18 22.1	+ 0 8	*D*
232	R *Sgr*	19 10.8	−19 29	*A*
233	T „	19 10.5	−17 9	*A*
234	U „	18 26.0	−19 12	*B*
235	W *Sgr*	17 58.6	−29 35	*B*
236	X „	17 41.3	−27 48	*B*
237	Y „	18 15.5	−18 54	*B*
238	RS „	18 11.0	−34 9	*C*
239	RV „	18 21.4	−33 33	*A*
240	RY „	19 10.0	−33 42	*D*
241	YZ „	18 42.7	−16 50	*B*
242	AP „	18 7.0	−23 9	*B*
243	AQ „	19 28.6	−16 35	*D*
244	BB „	18 45.1	−20 25	*B*
245	R *Tau*	4 22.8	+ 9 56	*A*
246	X „	3 47.8	+ 7 29	*D*
247	Y „	5 39.7	+20 39	*D*
248	RW „	3 57.8	+27 51	*C*
249	SZ „	4 31.4	+18 20	*B*
250	λ „	3 55.1	+12 13	*C*
251	R *Tri*	2 31.0	+33 50	*A*
252	R *UMa*	10 37.6	+69 18	*A*
253	S „	12 39.6	+61 39	*A*
254	T „	12 31.8	+60 2	*A*
255	U „	10 9.2	+60 29	*D*
256	RY „	12 15.7	+61 52	*D*
257	ST „	11 22.4	+45 44	*D*
258	SY „	9 49.2	+ 50 18	*E*
259	S *UMi*	15 33.5	+78 58	*A*
260	V „	13 37.7	+74 49	*A*
261	R *Vir*	12 33.4	+ 7 32	*A*
262	S „	13 27.8	− 6 41	*A*
263	RS „	14 22.3	+ 5 8	*A*
264	RW „	12 2.1	− 6 13	*D*
265	RX „	11 59.6	− 5 13	*D*
266	SS „	12 20.1	+ 1 19	*A*
267	SW „	13 8.9	− 2 17	*D*
268	R *Vul*	20 59.9	+23 26	*A*
269	T „	20 47.2	+27 53	*B*
270	U „	19 32.3	+20 7	*B*
271	Z „	19 17.5	+25 23	*C*
272	RS „	19 13.4	+22 16	*C*
273	RT „	19 7.2	+22 13	*D*
274	SV „	19 47.3	+27 12	*B*

A. Долгопериодические переменные.

№	Эпоха макс. 1928.	Период.	M — m	Яркость. Max.	Яркость. Min.	Тип.	S
1	2425 526	409.17	156.6	5.2—8.9	12.0—15.3	IV	Se
2	329	398.7	168.	6.5—8.4	13.2—14.0	VI	M7e
5	406	308.9	131.	5.1—7.8	10.2—13.1	—	M6e
8	563	325.3	136.	6.7—9.3	12.1—14.0	—	M7e
12	392	386.84	165.	5.3—8.5	9 3—11.9	VII	M6ep
13	399	202.4	97.	6.8—8.7	12.1—14.4	IV	M3e
14	544	134.3	—	7.2—8.0	9.3—9.7	—	M2e
15	419	186.77	88.4	7.4—9.0	11.7—13.7	II	M3e
16	528	318.34	128.5	7.4—9.0	9.5—11.1	—	M6
17	405	371.47	156.5	6.7—9.4	13.8—15.3	V	M5e
19	696	462.0	221.	6.5—8.7	12.4—14.0	I	M7e
29	284	223.42	104.3	5.9—8.2	11.3—13.0	III	M4e
30	488	260.2	120.	6.2—8.0	8.9—11.4	—	M6e
32	376?	138.?	—	7.5	8.3	[1])	M7e
37	398	273.8	128.	6.9—8.9	11.5—14.6	II	Se
38	466	373.1	168.	6 8—8.6	13.4—14.0	I	Se
40	396	144.21	72 6	7.3—9.4	11.9—13.4	II	M3e
43	557	431.9	179.	4.8—8.5	10.2—13.6	V	M7e
44	435	611.1	252.	6.7—9.7	12.7—15.3	V	Se
45	463	446.6	242.	6 8—8.7	10.7—12.5	I	M7e
46	372	229.4	108.2	7.0—8.7	11.4—13.0	—	M6e
50	476	263.6	121.	7.3—8.4	9.1—10.1	—	M5
58	320	90.64	44.0	5.4—6.9	7.1—9.2	—	M0e
61	723	477 3	260.	6.9—9.7	9.8—13.0	—	N8
62	516	388.7	205.	5.2—7.0	9.0—10.8	III.	M6e
71	360	166.25	70.9	7.1—9.0	11.6—13.1	IV	M4e
72	353	324.2	155.	7.0—8.9	13.0—14.5	IV	M3e
73	286	158.4	70.	5.2—5 9	6.0—6.9	—	M5
74	256	235.0	108.	6.7—8.4	12.3—13.4	III	M3e
75	567	352.9	158.	6.7—9.4	12.0—14.5	—	M3e
76	483	330.32	123.4	2.0—5.2	8.6—10.0	V	M5e
79	451	341.59	144.3	7.2—8.3	9.5—11.5	II	Se
80	348	367.4	155.	6.1—7.5	10.5 11.8	VI	M7e
81	523	272.38	124.7	7.0—8.4	12.2—13.8	II	Se
85	462	224.23	107.4	7.0—7.7	11.4—12.6	—	M4e
86	2425 381	359.1	123.	7.3—9.3	13.1—14.9	V	M5e

[1]) Полуправильная.

27А. Продолжение.

№	Эпоха макс. 1928	Период.	M—m	Яркость. Max.	Яркость. Min.	Тип.	S
88	2425 562	359.5	125.	6.0— 8.3	11.5 13.7	V	M7e
89	501	356.4	157.	6.8— 9.1	9.9—12.2	—	N3
91	332	311.24	131.1	5.9— 8.1	12.5—14.4	VI	M6e
92	423	323.09	150.8	6.1— 8.2	11.0—12.8	III	M7e
93	317	189.3	—	6.8	7.9	—	M5e
95	309	425.98	153.9	5.9— 8.7	13.3—14.4	V	Se
96	434	452.3	213.	6.2— 8.7	9.4—12.2	II	R8e
97	441	415.8	188.	6.8—10.2	11.5—13.8	—	N
98	384	132.4	66.	5.2— 6.5	6.2— 7.0	[1]	M5
101	309	262.2	115.	7.5— 9.6	11.8—14.5	—	M5e
102	571	412.6	128.	6.8— 7.6	7.7— 9.7	—	N3
103	380	190.8	87.	6.2— 8.7	11.0—12.5	—	M3e
104	516	455.	113.	7.0— 8.2	8.2—10.3	—	M8e
108	637	550.4	162.	7.4	13.5	—	M4e
111	306	100.6	48.	6.4	7.4	—	M1
112	269	196.8	—	7.0— 7.8	13.5	—	S
113	357	405.59	168.3	3.4— 6.8	12.1—14.3	V	M7e
115	330	245.41	109.8	6.4— 8.9	11.6—13.3	IV	M6e
117	408	423.9	177.	7.5—10.7	10.3—13.1	—	N
119	259	76.57	39.5	7.1— 7.3	7.9— 8.2	—	M5
124	435	252.2	109.	7.4— 8.5	11.0—11.9	—	M4e
130	597	370.16	131.3	6.0— 8.0	12.1—13.8	IV	Se
137	510	305.1	146.	5.9— 8.1	11.3—13.1	III	M6e
138	347	165.06	78.2	7.0— 8.8	10.6—13.4	III	M3e
139	538	408.1	168.	6.7— 8.6	10.7—13.1	VI	M7e
142	373	219.10	95.8	7.5— 8.4	11.8—13.0	—	M5e
143	429	485.6	210.	6.9— 9.0	13.3—14.3	—	M7e
151	500	408.2	197.	3.5— 5.1	9.0—10.8	V	M7e
152	493	257.3	118.	7.4— 8.5	11.7—13.1	III	M3e
153	522	290.8	141.	7.1— 8.4	12.5—13.2	II	M3e
155	600	530.	301.	5.9— 8.6	8.6— 9.7	—	N
156	433	381.9	136.	6.6— 7.0	8.0—10.0	—	M8e
158	537	253.5	115.	7.1— 8.0	9.3— 9.8	[1]	M6e
159	563	334.1	126.5	7.5— 9.9	12.5<14	—	—
162	495	306.34	145.5	5.0— 6.9	9.2—10.6	IV	M7e
163	370	374.8	154.	6.1— 7.7	11.4—13.0	V	M7e
164	488	436.	263.	6.0— 8.4	8.3—10.7	—	N8

[1] Полуправильная.

27A. Продолжение.

№	Эпоха макс. 1928.	Период.	M—m	Яркость. Max.	Яркость. Min.	Тип.	S
166	2425 260	363.9	168.	7.5—9.1	11.9—13.0	VI	M7e
167	366	217.4	106.	6.5—8.6	11.5—13.0	—	M7e
169	482	378.64	180.	6 8—8.8	12.8—14.1	III	Se
173	375	193.2	97.4	7 2—8.8	11.1—13.0	—	M4e
179	544	334.3	164.	6.5—7.9	12.3—13 5	—	M6e
180	324	168.28	84.	7.0—8.4	8.9— 9.5	—	M3e
182	495	301.89	141.5	6.0—8.5	12.4—14.2	IV	M5e
184	395	299.13	152.	6.9—8.0	9.4—10.8	—	N3
185	513	337.0	184.1	6.3—7.6	8.4— 9.6	—	M6e
188	529	375.2	138.	5.2—7.7	11.2—12.4	V	M7e
197	406	379.91	170.	6.9—9.3	12.2—14.0	VI	M7e
198	473	319.1	142 2	7.3—8.7	12.6—13.8	V	M6e
199	490	343.4	177.	7.3—8.7	11.5—13.0	—	M7e
202	357	322.1	149.	6.9—8.2	10.3—11.4	I	M6e
207	272	342.1	153.	6.8—9 0	13.3—15.1	VI	M3e
209	299	511.1	212.	7.5—8 2	10.1—12.6	—	M7e
215	503	376.4	171.	6.0—6.2	7.8— 8.8	—	N3
216	551	358.69	161.	6.1—7.0	9.8—11.0	—	M6e
219	330	279.01	130.	6.1—7.9	12.1—14.1	—	M6e
230	268	357.32	147.8	5.5—8.1	12.7—13.5	—	M7e
232	375	268.4	133.4	6.7—8.2	11.9—13.0	IV	M5e
233	542	389.9	182.	6.7—8.5	12.3—12.9	—	Se
239	378	318.32	156.	7.5 8.4	12.3—14.7	—	M5e
245	542	321.1	143.3	7.4—9.7	13.1—15.0	—	M6e
251	470	265.74	119.	5.3—7 2	10.9—12.6	IV	M6e
252	356	298.16	116.8	6.1—8.1	12.1—13.6	V	M4e
253	388	228.32	109.	7.2—8.4	10.8—12.4	II	Se
254	356	257.0	105.6	6 2—8.6	12.0—13.2	IV	M4e
259	554	323.2	154.	7.3—8.7	10.1—12.2	—	M7e
260	258	72.97	33.			—	M4
261	259	145.68	71.0	6 2—7.8	10.4—12.6	II	M4e
262	409	377.2	163.2	6.0—7.8	11.8—12.8	VI	M6e
263	260	353.0	146.	7.0—8.6	12.8—14.0	—	M6e
266	552	360.9	168.	5.9—7.2	7.9— 9.4	—	N8
268	2425 373	136.93	64.2	7.2—8.9	11.9—13.5	III	M4e

B. Цефеиды.

Вторые члены элементов периода некоторых звезд вынесены в примечания.

Переменность спектров обозначена через *v*.

№	Эпоха максимума.	Период.	M—m	Яркость.		S
				Max.	Min.	
6	2410170.325	7.02387	2.3	6.2	6.9	G3.5*v*
9	2411873.865	13.753	5.30	7.3	7.9	G6*v*
11	3214827.15	7.176678	2.27	3.7	4.4	G4*v*
20	2417173.44	3.72834 [1]	1.21	5.0	5.9	F9*v*
21	2415083.82	11.62343	5.2	7.4	8.0	G2.5*v*
49	2417287.26	1.949268	0.90	5.8	6.2	F6*v*
51	2425041.85	2.139296	0.54	7.3	8.4	F8*v*
69	2393375.26	5,366404	1.43	3.6	4.2	G2*v*
99	2410190.68	16.38543	6.1	6.2	6.9	G4.5*v*
106	2414202.855	3.845472	1.29	6.2	7.0	F5.5*v*
131	2413266.60	7.91496	2 28	6.4	7.2	G0.5*v*
135	2410638.86	10,15380 [2]	5.08	3.7	4.1	G1*v*
146	2414461.1 [3]	75.4 [4]	—	**7.4**	**9.1**	G6
174	2414856.480	0.56683735 [5]	0.10	7.1	7.9	A5.5*v*
177	2410012.1956	27.003131 [6]	5.1	6.0	6.8	G4.5*v*
178	2408872.0	46.13	20.7	5.7	7 2	G9*v*
186	2408694.25	17.1207	6.22	6.2	6.9	G2*v*
210	2419186.3	41.337	9.	7.4	9.5	K1*v*
213	2409863.338	8,381615	2.43	5.4	6.1	G3*v*
220	2415026.04	6.0622	1.41	6.9	8.0	F5
221	2415034 50	20.3124	7.	7.5	9.0	G3.5*v*
234	2424607.36	6,7463	2.07	7.0	8.0	G4*v*
235	2424243 13	7.5968	2.46	**5.0**	**6.5**	G0.5*v*
236	2424248.13	7,0091	4.56	**5.0**	**6.1**	G3.5*v*
237	2423546.10	5.77335	1.82	5.7	6.1	G0.5*v*
241	2419646.9	9.55323	5.16	7.2	7.7	G7*v*
242	2419956.33	5·0580	1.54	6.8	7.4	F5
244	2420662.3	6.7538	3.	**7.8**	**8.7**	G4*v*
249	2410000.60	3,14904 [7]	1.02	6.5	6.9	F8*v*
269	2409849.058	4,435521	1.0	5.5	6.4	F8 5*v*
270	2423260.88	7.98997	2.57	6.6	7.3	G4*v*
274	2419904.8	45.146	10.	**8.3**	**9.7**	K1*v*

[1]) $+ 0.12 \sin (0^\circ.60\, E + 88^\circ)$. [2]) $+ 1.05 \sin (0^\circ.070\, E + 112^\circ)$. [3]) Эпоха минимума. [4]) Тип *RV* Tau. [5]) $+ 0.121\, (10^{-4}\, E)^2$. [6]) $+ 0.20841.10^{-4}\, E^2$. [7]) Период меняется.

C. Затменные переменные.

№	Эпоха минимума.	Период.	Яркость. Max.	Min₁	Min₂	D	d	S
						ч.	ч.	
4	2410741.5248	0.64833872	6.4	6.8	6.8	[1])	—	F0
24	2420959.2734	2.525022 [2])	5.9	6.4	6.3	4.9	0	A4sp
27	2418966.907	3.96008	2.1	2.2	—	6.	—	A1np
28	2415850.	9900.	3.3	4.1	—	[3])	[3])	F5p
36	2424946.976	0.267765 [4])	**6.6**	**7.3**	**7.1**	[1])	—	G2p
48	2417355.4233	1.1952506	6.3	7.7	6.4	5.7	0.4	A2
52	2420117.7464	1.8126096	7.3	8.2	—	7.1	0	B9
54	2423716.7318	4.46718	5 5	6.1	5.6	12	1?	A2
56	—	759?	3.0	3.1	—	—	—	A3
63	2423947.0282	2.4929507	6.8	9.2	—	11.0	1.9	A0
68	2424798.4749	0.27831948	7.6	7.9	7.8	[1])	—	G5
77	2424151.441	1.135939	5.6	6.3	—	5.7	0	A9
100	2418073 866	2.996332 [5])	7.1	7.9	7.9	6.	0	B2
141	2413086.365	3.992793	7.4	8.0	—	9.6	2.2	F2p
144	2423298.4521	1.77857	7.2	7.9	—	4.9	0	A0
150	2411431.384	2.051028	4.7	5 3	4.9	[1])	—	B3
160	—	8.20	7.4	8.1	—	—	—	B9
161	—	6 или 12	6.9	7.4	—	—	—	A3
168	2403265.380	2.3273504	5.1	6.3	—	13.	0	A0
171	2423835.33	9.945	5.8	6.2	—	8.	—	A3
175	2425714.6433	12.9244448 [6])	3.5	4.1	3.8	[1])	—	B1
183	2418152.507	1.6773476	5.8	6.6	6.5	6.8	0.	B8
191	2419835.278	1.485382	**5.1**	**5.4**	—	—	—	B2
205	2378497.7588	2.86731077 [7])	2.3	5.3	—	9.3	0	B8
214	2418178.403	3.380613	6.6	9.4	—	12.3	1.6	B9
228	2419640.90	15.1895	7.3	8.5	—	77.	—	B2
238	2415023.085	2.41570	6.6	7.6	—	12.5	8.0	B5
248	2417198.419	2.7688668 [8])	7.1	11.0	—	8.2	1.3	A0
250	2399607.538	3.952952 [9])	3.8	4.2	—	12.2	0	B3
271	2420364.603	2.454933	7.0	8.6	—	11.0	0	B7
272	2420606.623	4.477666	7.2	8.1	—	13.2	4.8	B8

[1]) Типа β Lyr. [2]) $+\ 0^{\partial}.0120 \sin 0^\circ.360(E - 12.8)$. [3]) $D = 700$ дней, $d = 340$ дней. [4]) Эта переменная является слабым компонентом *i* Boo. Расстояние 3″.3. Угол положения 246°. [5]) $-\ 0^{\partial}.143 \sin(0^\circ.0667E) - 0^{\partial}.008 \sin 2(0^\circ.0667\,E)$. [6]) $+\ 0^{\partial}.000003914\,(E - 2100)^2$. [7]) $+\ 0^{\partial}.1266 \sin 0^\circ.01786\,(E - 176) +\ 0^{\partial}.0119 \sin 0^\circ.08762\,(E - 188)$. [8]) $+\ 0^{\partial}.024 \sin 0^\circ.094\,(E - 395)$. [9]) $-\ 0^{\partial}.0255 \sin(0^\circ.2677\,E + 59^\circ.1)$.

D. Неправильные и полуправильные переменные.

№	Яркость Max.	Яркость Min.	S	Примечание.	№	Яркость Max.	Яркость Min.	S	Примечание.
7	6.7	8.2	Np	Неправ.	165	6.5	8.0	Mc	Неправ.
18	5.8	6.2	K0	Неправ.	172	4.0	4.8	M5	Полупр. 8)
22	7.3	9.2	Mc	Неправ.	181	7.0	8.2	Nb	Неправ.
25	7.2	8.4	A0	Тип *R* CrB	187	4.1	5.0	K0	Неправ.
26	5.4	6.2	Bop	Тип *R* CrB	193	7.4	8.9	Mb	Неправ.
31	5.2	5.7	Ma	1)	194	5.1	6.2	K5	Неправ.
39	6.9	9.0	Nb	Неправ.	195	6.7	7.3	K0	Неправ.
55	2.1	2.6	G8	Неправ.	196	0.5	1.1	Ma	Неправ.
57	4.4	5.1	F8p	Полупр. 2)	201	7.2	11.8	Md	Полупр. 9)
59	7.7	8.7	Mc	Неправ.	203	6.0	6.6	Bop	Тип *R* CrB
67	5.2	5.7	M2ep	Неправ.	204	7.4	8 4	Ma	Полупр. 10)
70	3.8	5.0	Ma	Полупр.	217	7.8	8.9	Mb	Неправ.
82	6.1	7.5	Nb	Неправ.	222	7.5	9.5	K2	Неправ.
83	5.5	6.7	Mc	Полупр. 3)	223	7.5	9.0	—	Неправ.
87	5.8	15.0	cF8	Неправ.	225	7.0	9.2	K0	Неправ.
90	7.2	7.9	Mb	Неправ	226	4.5	9.0	G5p	Тип. *R V*Tau
105	7.1	9.3	N	Неправ.	227	6.4	7.3	Nb	11)
107	7.3	8 4	Nb	4)	229	7.8	8.6	F8p	12)
109	6.3	7.7	Mb	Полупр. 5)	231	4.9	5.6	A0p	Неправ.
114	6.4	7.4	Mb	Неправ. ? 6)	240	6.1	<11.5	G0p	Тип *R* CrB
116	7.5	10.0	Mc	Неправ.	243	6.6	7.0	Nb	Неправ.
118	6.1	7.1	Np	Неправ.	246	6.6	8.1	F5	Тип *R* CrB
122	6.3	7.0	K0.	Неправ.	247	6.9	8.9	Nb	Неправ.
125	8.3	9.4	Mc	Неправ.	255	6.1	6.7	Map	Неправ.
133	7.0	7.8	Ma	Полуправ.	256	7.2	8.3	Ma	Полупр. 13)
136	3.3	4.2	Ma	Полупр. 7)	257	7.4	8.9	Mb	Неправ.
140	5.8	7.2	Mc	Неправ. ?	264	6.8	7.7	Mb	Неправ.
145	6.8	8.5	Mc	Неправ.	265	7.4	9.0	Ko	Неправ.
147	3.1	3.9	Mb	Неправ.	267	7.4	8.8	Mc	Неправ.
154	4 8	5.6	Nb	Неправ.	273	7.5	9.0	A0	14)
157	6.5	8.0	Np	Неправ.					

1) Возможно, что звезда постоянна. 2) Период = 1106. 3) Период = 129.5. 4) Период = 400? 5) Период = 88? 6) Период = 70? 7) Период = 353.5. 8) Период = 46. 9) Период = 600—700; M=7.2—8.8, m = 9.6 — 11.8. 10) Период = 116? 11) Период = 27? 12) Возможен тип *R* CrB. 13) Период = 315. 14) Возможен тип *R* CrB.

Е. Неисследованные переменные.

№	Яркость Max.	Яркость Min.	S	Примечание.	№	Яркость Max.	Яркость Min.	S	Примечание.
3	7.0	9.0	Mc	[1]	126	6.4	7.7	Mb	
10	**8.0**	**9.5**	N?	Неправ. ?	127	7.2	8.1	Mb	
23	6.2	6.7	Na	Неправ. ?	128	**8.8**	**9.2**	Mc	
33	6.7	7.8	Mb		129	5.8	8.9	F8	[6]
34	7 ?	8.4	Mb	[2]	132	7.4	8.3	Na	Неправ. ?
35	**7.2**	**8.0**	F3v	Короткопер?	134	7.4	7.9	Kp	
41	7.0	8.3	Mb	Неправ. ?	148	3.8	4.1	A0	[6]
42	6.4	9.0	Nb	Неправ. ?	149	4.7	5.5	Mbp	
47	5.7	5.9	B8	Постоян. ?	170	6.9	7.4	Mb	
53	7.3	8.5	Nap		176	7.4	8.2	Md	[7]
60	**7.6**	**14.0**	Md	[3]	189	5.9	7.7	Nb	Полупр. [8]
64	6.2	7.0	A0	Постоян. ?	190	7.5	8.5	Nb	Неправ. ?
65	7.4	7.9	G5	[4]	192	4.7	6.6	Nb	Неправ. ?
66	7.7	9.0	Mb		200	7.1	7.9	Mc	Полупр. ? [9]
78	6.9	7.5	Na	Неправ. ?	206	3.3	4.1	Mb	Неправ. ?
84	7.3	8.6	Ma		208	7.8	8.1	Na	Неправ. ?
94	4.8	6.0	Nb	Неправ. ?	211	7.0	8.0	K5	
110	7.4	7.9	K5p	Неправ. ?	212	6.7	8.2	K5	
120	7.0	7.6	Nb		218	6.3	7.6	F8	Тип *R* CrB ?
121	6.1	7	K2	Неправ.	224	7.5	8.2	A0	[10]
123	7.5	8.1	Mb	[5]	258	5.2	6.3	A2	[11]

[1]) Вероятно полуправильная.
[2]) Долгопериодическая?
[3]) Долгопериодическая.
[4]) Период = 130.5? или 58.4?
[5]) Короткопериодическая.
[6]) Переменна-ли?
[7]) Долгопериодическая?
[8]) Период = 12 лет?
[9]) Период = 74?
[10]) Переменна-ли?
[11]) Затменная? Период = 257?

28. Звездные скопления и туманности.

В основу предлагаемого перечня наиболее ярких звездных скоплений и туманностей положен каталог С. Бэйли (*S. Bailey. A Catalogue of Bright Clusters and Nebulae. Ann. of Harv. Coll. Obs., vol. LX*). Интегральные величины скоплений даны по сводке М. Е. Набокова в вып. 1 Русск. Астрономич. Журнала за 1925.

В таблицах приняты следующие обозначения:

- NGC № об‘екта по каталогу Дрейера,
- M № об‘екта по каталогу Мессье,
- *D* видимый диаметр,
- *M* интегральная (общая) звездная величина,
- *m* величина наиболее ярких звезд,
- *C* класс по приведенной ниже системе Бэйли.

Классификация звездных скоплений и туманностей.

Класс	Описание.	Типичные примеры.
	B. Газовые туманности.	
B1	Широкие, размытые, неправильные . . .	1976, 6523
B2	Планетарные, кольцевые и другие резко очерченные газовые туманности . . .	6618, 6720
B3	Газовые звезды (звезды, окруженные туманностью).	—
	C. Туманности со сплошным спектром и шарообразные звездные скопления.	
C1	Туманности малые, неразрешимые, довольно правильной формы, обыкновенно круглые или эллиптические	4472, 5005
C2	Спиральные туманности	224, 5194
C3	Шарообразные звездные скопления . .	6205, 7078
	D. Неправильные звездные скопления.	
D1	Уплотненные, довольно правильные, звезды с незначительной разностью яркости . . .	2099, 6494
D2	Уплотненные, неправильные, звезды различной яркости	869, 884
D3	Рассеянные, неправильные, звезды различной яркости	Плеяды, 2232.

Звездные скопления.

NGC	M	1900 α	1900 δ	Созвездие.	D	M	m	C
		ч. м.	° ′		′			
581	103	1 26.6	+ 60 11	Кассиопея .	5	7.0	9	D3
752	—	1 51.8	+ 37 11	Андромеда .	30	6.7	9	D3
869	—	2 12.0	+ 56 41	Персей . .	30	4.5	7	D2
884	—	2 15.4	+ 56 39	Персей . .	30	4.8	7	D2
1039	34	2 35.6	+ 42 21	Персей . .	30	5.9	9	D3
Плеяды.		3 41.5	+ 23 48	Телец .	120	1.5	3-4	D3
1502	—	3 59.0	+ 62 3	Жираф . .	10	5.5	7	D3
1528	—	4 7.8	+ 50 59	Персей . .	20	6.5	10	D3
1912	38	5 22.0	+ 35 45	Возничий .	15	6.5	10	D2
1960	36	5 29.5	+ 34 4	Возничий .	15	6.5	8	D2
2099	37	5 45.8	+ 32 31	Возничий .	25	6.5	10	D1
2168	35	6 2.7	+ 24 21	Близнецы .	30	5.9	10	D2
2244	—	6 27.0	+ 4 56	Единорог .	15	6.0	8	D3
2264	—	6 35.5	+ 9 59	Единорог .	20	4.4	8	D3
2181	—	6 42.3	+ 41 10	Возничий .	15	6.4	8	D3
2287	—	6 42.7	— 20 38	Б. Пес . .	30	5.1	8	D3
2301	—	6 46.6	+ 0 35	Единорог .	15	6.1	8	D3
2323	50	6 58.2	— 8 12	Единорог .	15	6.7	9	D3
2422	—	7 32.0	— 14 16	Корма . .	40	5.0	6	D2
2447	93	7 40.4	— 23 38	Корма . .	10	7.0	10	D2
2548	—	8 8.8	— 5 30	Единорог .	25	5.6	8	D3
2632	44	8 34 3	+ 20 20	Рак (Ясли) .	60	4.2	7	D3
2682	67	8 45.8	+ 12 11	Рак . .	15	6.6	9	D2
5272	3	13 37.6	+ 28 53	Гонч. Псы .	12	6.4	13	C3
5904	5	15 13.5	+ 2 27	Змея .	12	6.4	13	C3
6121	4	16 17.5	— 26 17	Скорпион .	18	6.8	11	C3
6205	13	16 38.1	+ 36 39	Геркулес .	15	5.5	13	C3
6218	12	16 42.0	— 1 46	Змееносец .	10	6.9	13	C3
6273	19	16 56.4	— 26 7	Змееносец .	4	6.8	13	C3
6494	23	17 51.0	— 19 0	Стрелец . .	30	7.0	10	D1
6531	21	17 58.6	— 22 30	Стрелец . .	15	6.9	8	D2
6603	24	18 12.6	— 18 27	Стрелец . .	5	4.7	11	D2
6611	16	18 13.2	— 13 49	Щит .	15	6.5	8	D3
6633	—	18 22.7	+ 6 30	Змееносец	30	5.3	8	D3
6656	22	18 30.3	— 23 59	Стрелец . .	12	6.2	13	C3
6705	11	18 45.7	— 6 23	Щит . .	12	6.4	12	C3
7078	15	21 25.2	+ 11 44	Пегас . .	10	5.6	13	C3
7089	2	21 28.3	— 1 16	Водолей . .	8	6.7	13	C3
7092	39	21 28.6	+ 48 0	Лебедь . .	30	5.4	7	D3

Туманности.

Размеры даны для наиболее ярких, обыкновенно центральных, частей, доступных наблюдению в малые инструменты. Два значения *D* показывают длины осей у эллиптических туманностей.

NGC	M	1900 α	1900 δ	Созвездие.	*D*	*M*	*C*
		ч. м.	° ′		′		
221	—	0 37.2	+ 40 19	Андромеда .	5	9	C1
224	31	0 37.3	+ 40 43	Андромеда .	40—15	5	C2
253	—	0 42 6	— 25 51	Скульптор .	20— 6	8.5	C2
598	33	1 28.2	+ 30 9	Треугольник .	20	7	C2
1952	1	5 28.5	+ 21 57	Телец . .	3—1	7.5	B2
1976	42	5 30 4	— 5 27	Орион . .	50	3	B1
3031	81	9 47.3	+ 69 32	Б. Медведица .	6—4	8.5	C1
3034	82	9 47.5	+ 69 10	Б. Медведица .	6 – 1	9	C1
3242	—	10 20.0	— 18 8	Гидра . .	0 7	8	B2
4472	49	12 24.7	+ 8 33	Дева . . .	1.5	9	C1
4736	94	12 46.2	+ 41 40	Гонч. Псы .	2	8	C2
5194	51	13 25.7	+ 47 43	Гонч. Псы .	5	7.5	C2
6514	20	17 56.3	— 23 2	Стрелец . .	20	7.5	B1
6523	8	17 57.6	— 24 23	Стрелец . .	25	5	B1
6543	—	17 58.6	+ 66 38	Дракон . .	0.3	8	B2
6618	17	18 15.0	— 16 13	Стрелец . .	15	6.5	B1
6720	57	18 49.9	+ 32 54	Лира . . .	1	9	B2
6826	—	19 42.1	+ 50 17	Лебедь .	0.4	8.5	B2
6853	27	19 55.3	+ 22 27	Лисица . .	5	7	B2
7009	—	20 58.7	— 11 46	Водолей . .	0.4	7.5	B2
7662	—	23 21.1	+ 41 59	Андромеда .	0.5	8.5	B2

Примечания.

224. Большая туманность Андромеды. В 20′ к Ю от нее *NGC* 221.

598. Несколько эллиптическая, весьма неясно очерченная.

1976. Большая тум. Ориона. Самая яркая и одна из наиболее обширных. Включает многократную звезду θ Ориона.

5194. В небольшие инструменты видны два туманных пятна, представляющие узлы спирали.

6514. Двойная, главная часть трояко-расщеплена, неправильная. Рассеянные звезды.

6523. Весьма яркая и неправильная, содержит рассеянное звездное скопление.

6720. Кольцеобразная, несколько эллиптическая (1′.3 и 1′.0); внутренний диаметр кольца 0′.6.

6853. Эллиптическая, с двойным ядром.

29. Переход к геоцентрической широте.

В таблице даны вычеты из значений lgsinφ и прибавки к logcosφ (при пятизначных логарифмах) для нахождения logρsinφ' и logρcosφ'. Сжатие земли $e = 1/297$.

φ	Вычет для lgsinφ	Прибавка для lgcosφ	φ	Вычет для lgsinφ	Прибавка для lgcosφ	φ	Вычет для lgsinφ	Прибавка для lgcosφ
°			°			°		
36	243	50	51	205	88	66	171	122
37	240	53	52	202	91	67	169	124
38	238	55	53	200	93	68	167	126
39	235	58	54	197	96	69	165	128
40	233	60	55	195	98	70	164	129
41	230	63	56	192	101	71	162	131
42	228	65	57	190	103	72	161	132
43	225	68	58	188	105	73	159	134
44	222	71	59	185	108	74	158	135
45	220	73	60	183	110	75	156	137
46	217	76	61	181	112	76	155	138
47	215	78	62	179	114	77	154	139
48	212	81	63	177	116	78	153	140
49	210	83	64	175	118	79	152	141
50	207	86	65	173	120	80	151	142

Примеры: 1. Найти logρsinφ' при $\varphi = 55°$.

logsinφ	9.91336
вычет	195
logρsinφ'	9.91141.

2. Найти logρcosφ' при $\varphi = 60°$.

logcosφ	9.69897
прибавка	110
logρcosφ'	9.70007.

3. Найти logρ при $\varphi = 55°$.

	0.00000
поправка для logcosφ	— 0.00098
logρ	9,99902.

30. Координаты астрономических обсерваторий СССР.

Обсерватории.	λ	φ	h	logρ	logρsinφ′	logρcosφ′
	ч. м. с.	° ′ ″	м			
Казань (Университ.) . . .	3 15 15.7	55 47 24.3	79	9.99901	9.91557	9.75092
Казань (б. Энгельгартовск.) .	3 15 15.7	55 50 20.5	98	9.99901	9.91583	9.75037
Киев (Университ.) . . .	2 2 0.5	50 27 10.0	184	9.99914	9.88506	9.80483
Ленинград (Университ.) . .	2 1 10.8	59 56 32.2	3	9.99891	9 93544	9.70082
Москва, Пресня (Университ.) .	2 30 17.0	55 45 20.2	166	9.99901	9.91540	9.75131
Москва, Кучино (Астрофиз. обсерват.)	2 31 51.6	55 45 46.7	130	9.99901	9.91543	9.75121
Николаев	2 7 54.0	46 58 19.3	55	9.99922	9.86179	9.83480
Одесса (Университ.) . . .	2 3 2.2	46 28 36.0	55	9.99924	9.85824	9.83877
Пулково	2 1 18.6	59 46 18.5	75	9.99891	9.93470	9.70305
Симеиз	2 15 58	44 24 11	360	9.99932	9.84272	9.85470
Ташкент	4 37 10.6	41 19 36.7	479	9.99940	9.81752	9.87628
Томск (Университ.) . . .	5 39 47.4	56 28 7		9.99898	9.91904	9.74327
Харьков (Университ.) . .	2 24 55.7	50 0 9.9	139	9.99915	9.88221	9.80891

31. Координаты главнейших городов СССР.

В таблице даны: № часового пояса, широта φ, восточн. долгота от Гринича λ и поправка для приведения местного среднего времени к поясному.

Город.	Пояс.	φ		λ			Поправка.		
		°	′	ч.	м.	с.		м.	с.
Акмолинск	5	51	12	4	45	41	+	14	19
Актюбинск	4	50	17	3	48	55	+	11	5
Алма-Ата	5	43	16	5	7	46	—	7	46
Армавир	3	45	0	2	44	31	+	15	29
Артемовск	2	48	30	2	32	1	—	32	1
Архангельск	2	64	34	2	42	4	—	42	4
Астрахань	3	46	21	3	12	9	—	12	9
Ашхабад	4	37	45	3	53	33	+	6	27
Баку	3	40	21	3	19	22	—	19	22
Баргузин	7	53	37	7	19	8	—	19	8
Барнаул	6	53	20	5	35	10	+	24	50
Батум	3	41	40	2	46	32	+	13	28
Благовещенск	9	50	15	8	30	3	+	29	57
Брянск	2	53	15	2	17	28	—	17	28
Буйнакск	3	42	50	3	8	38	—	8	38
Великий Устюг	3	60	46	3	5	12	—	5	12
Верхнеудинск	7	51	49	7	10	20	—	10	20
Витебск	2	55	10	2	0	50	—	0	50
Владивосток	9	43	7	8	47	31	+	12	29
Владикавказ	3	43	2	2	58	44	+	1	16
Владимир	2	55	12	2	41	39	—	41	39
Вологда	2	58	13	2	39	33	—	39	33
Воронеж	2	51	39	2	36	45	—	36	45
Вятка	3	58	36	3	18	44	—	18	44
Гомель	2	52	25	2	4	5	—	4	5
Грозный	3	43	19	3	3	1	—	3	1
Днепропетровск	2	48	28	2	20	17	—	20	17
Евпатория	2	45	12	2	13	23	—	13	23
Енисейск	6	58	27	6	8	49	—	8	49
Житомир	2	50	15	1	54	39	+	5	21
Запорожье	2	47	48	2	20	44	—	20	44
Златоуст	4	55	10	3	58	42	+	1	18
Иваново-Вознесенск	2	57	0	2	43	55	—	43	55
Ижевск	3	56	54	3	32	48	—	32	48
Иркутск	7	52	16	6	57	5	+	2	55
Казань	3	55	48	3	16	29	—	16	29

31. Продолжение.

Город.	Пояс.	φ		λ			Поправка.	
		°	′	ч.	м.	с.	м.	с.
Каинск	5	55	27	5	13	10	— 13	10
Калуга	2	54	31	2	25	1	— 25	1
Каменец-Подольск	2	48	40	1	46	18	+ 13	42
Киев	2	50	27	2	2	1	— 2	1
Коканд	5	40	33	4	43	46	+ 16	14
Кострома	3	57	46	2	43	43	+ 16	17
Красноводск	4	40	0	3	31	50	+ 28	10
Краснодар	3	45	3	2	35	49	+ 24	11
Красноярск	6	56	1	6	11	26	— 11	26
Курск	2	51	44	2	24	51	— 24	51
Кутаис	3	42	15	2	50	54	+ 9	6
Ленинград	2	59	57	2	1	1	— 1	1
Махач-Кала	3	42	59	3	10	1	— 10	1
Минск	2	53	54	1	50	14	+ 9	46
Могилев	2	53	54	2	1	21	— 1	21
Москва	2	55	45	2	30	17	— 30	17
Мурманск	2	68	59	2	12	15	— 12	15
Наманган	5	41	0	4	46	33	+ 13	27
Нахичевань	3	39	12	3	1	37	— 1	37
Нерчинск	8	51	58	7	46	20	+ 13	40
Нижний-Новгород	3	56	20	2	56	1	+ 3	59
Николаев	2	46	58	2	7	54	— 7	54
Николаевск на Амуре	9	53	8	9	22	52	— 22	52
Новгород	2	58	31	2	5	7	— 5	7
Новосибирск	6	55	1	5	31	40	+ 28	20
Новочеркасск	2	47	25	2	40	25	— 40	25
Одесса	2	46	29	2	3	2	— 3	2
Омск	5	54	59	4	53	30	+ 6	30
Орел	2	52	58	2	24	17	— 24	17
Оренбург	4	51	45	3	40	27	+ 19	33
Охотск	10	59	21	9	33	10	+ 26	50
Пенза	3	53	11	3	0	7	— 0	7
Пермь	4	58	1	3	45	5	+ 14	55
Петрозаводск	2	61	47	2	17	35	— 17	35
Петропавловск	5	54	52	4	36	28	+ 23	32
Петропавловский порт	11	53	0	10	34	54	+ 25	6
Повенец	2	62	51	2	19	18	— 19	18
Покровск	3	51	31	3	4	28	— 4	28
Полтава	2	49	35	2	18	17	— 18	17
Псков	2	57	49	1	53	20	+ 6	40

31. Продолжение.

Город.	Пояс.	φ		λ			Поправка.		
		°	′	ч.	м.	с.		м.	с.
Ростов на Дону	2	47	13	2	38	51	—	38	51
Рязань	2	54	38	2	38	59	—	38	59
Самара	3	53	11	3	20	20	—	20	20
Самарканд	4	38	39	4	27	53	—	27	53
Саратов	3	51	32	3	4	18	—	4	18
Свердловск	4	56	49	4	2	22	—	2	22
Семипалатинск	5	50	24	5	20	22	—	20	22
Симферополь	2	44	57	2	16	25	—	16	25
Смоленск	2	54	46	2	18	15	—	18	15
Сретенск	8	52	14	7	50	46	+	9	14
Ставрополь	3	43	2	2	47	58	+	12	2
Сталинград	3	48	48	2	58	3	+	1	57
Старая Бухара	4	39	47	4	17	43	—	17	43
Сухум	3	43	0	2	43	59	+	16	1
Тамбов	3	52	44	2	45	51	+	14	9
Ташкент	5	41	18	4	37	11	+	22	49
Тверь	2	56	52	2	23	37	—	23	37
Тифлис	3	41	42	2	59	11	+	0	49
Тобольск	5	58	12	4	33	6	+	26	54
Томск	6	56	30	5	39	51	+	20	9
Тула	2	54	12	2	30	28	—	30	28
Ульяновск	3	54	19	3	13	38	—	13	38
Уральск	3	51	42	3	25	27	—	25	27
Усть-Сысольск	3	61	40	3	23	22	—	23	22
Уфа	4	54	43	3	43	46	+	16	14
Феодосия	2	45	2	2	21	33	—	21	33
Фрунзе	5	42	53	4	58	27	+	1	33
Хабаровск	9	48	28	9	0	12	—	0	12
Харьков	2	50	0	2	24	54	—	24	54
Херсон	2	46	38	2	10	28	—	10	28
Челябинск	4	55	10	4	5	22	—	5	22
Череповец	2	59	7	2	31	43	—	31	43
Чернигов	2	51	29	2	5	14	—	5	14
Чита	7	52	1	7	34	1	—	34	1
Эривань	3	40	14	2	58	0	+	2	0
Якутск	8	62	2	8	38	58	—	38	58
Ялта	2	44	30	2	16	43	—	16	43
Ярославль	2	57	38	2	39	29	—	39	29

32. Границы часовых поясов СССР.

Границы указаны согласно пункта 5 декрета Совнаркома от 8 февраля 1919 о введении поясного времени.

Пояса.	Границы.
2	Западная граница — вдоль политических границ с европейскими государствами.
2—3	Меридиан $37^1/_2{}^\circ$ вост. долг. от Гринича до территориальных вод. Граница территориальн. вод до горла Белого моря. Берега Белого моря до р. Северн. Двины. Р. Северн. Двина до Архангельска. Жел. дор. Архангельск—Уроч. Р. Волга до Кинешмы. Ж.-д. Кинешма-Новки-Муром. Р. Ока от Мурома до р. Пары. Р. Пара до ж.-д. Шилово-Рязань-Козлов-Ростов на Дону. Р. Дон. Восточн. берег Азовского моря. Восточный берег Черного моря до государств. границы. *Все означенные реки и ж.-д. линии относятся ко 2 поясу.*
3—4	Меридиан $52^1/_2{}^\circ$ до территориальн. вод Новой Земли. Граница территориальн. вод до пересечения с меридианом $52^1/_2{}^\circ$. Меридиан $52^1/_2{}^\circ$ до территориальн. вод. Тиманского берега. Западн. берег губы Колоковской. Р. Колоковская. Р. Печора до р. Ижмы. Р. Ижма до р. Чер.-Ижемской. Р. Чер.-Ижемская до Волока. Волок. Р. Чер. Вычегодская. Р. Вычегда до р. Сев. Кельтмы. Р. Сев. Кельтма. Сев. Екатерининск. канал. Р. Джурич. Р. Южн. Кельтма р. Кама до р. Белой. Р. Белая до г. Уфы. Ж. д. Уфа-Дема и Дема-Оренбург. Р. Урал до Каспийского моря. Восточн. берег Каспийского моря до государственной границы. *Все означенные реки и ж.-д. линии относятся к 4 поясу, за исключением р. Урал, которая относится к 3 поясу.*
4—5	Меридиан $67^1/_2{}^\circ$ до территориальн. вод Новой Земли. Граница те риториальн. вод до встречи с меридианом $67^1/_2{}^\circ$. Меридиан $67^1/_2{}^\circ$ до берега Я-мал. Берег Я-мал и Байдаратской губы до меридиана $67^1/_2{}^\circ$. Меридиан $67^1/_2{}^\circ$ до р. Оби. Р. Обь до р. Иртыша. Р. Иртыш до р. Ишима. Р. Ишим до пересечения меридиана $67^1/_2{}^\circ$ в районе Атбасарска. Меридиан $67^1/_2{}^\circ$ до границ Бухары. Сев. и вост. границы Бухары до государств. границы. *Все означенные реки относятся к 5 поясу.*

32. Продолжение.

Пояса.	Границы.
5—6	Меридиан $82^1/_2°$ до материка. Вост. берег Енисейского залива до меридиана $82^1/_2°$ в районе Толстого Носа. Меридиан $82^1/_2°$ до р. Оби. Р. Обь до Барнаула. Ж.-д. Барнаул-Семипалатинск. Р. Иртыш до меридиана $82^1/_2°$. Меридиан $82^1/_2°$ до государств. границы. *Все означенные реки относятся к 6 поясу.*
6—7	Меридиан $97^1/_2°$.
7-8	Меридиан $112^1/_2°$ до р. Лены. Р. Лена до р. Витима. Р. Витим до меридиана $112^1/_2°$. Меридиан $112^1/_2°$ до государств. границы. *Все означенные реки относятся к 7 поясу.*
8—9	Меридиан $127^1/_2°$ до территориальн. вод. Вост. граница дельты Лены. Южн. берег Быковской протоки. Р. Лена до пересечения с меридианом $127^1/_2°$ выше (по течению) Якутска. Меридиан $127^1/_2°$ до р. Зеи. Р. Зея до государств. границы. Государств. граница до Японского моря. *Р. Лена относится к 8 поясу, р. Зея к 9 поясу.*
9—10	Меридиан $142^1/_2°$ до берега Охотского моря. Берег моря к югу до Татарского пролива. Параллель, отделяющая пролив от Охотского моря до о. Сахалина. Сев. и вост. берег Сахалина до государств. границы.
10—11	Меридиан $157^1/_2°$ до Охотского моря. Берег Гижигинского залива. Берег Бенжинского залива. Западн. берег Камчатки до м. Лопатка.
11—12	Меридиан $172^1/_2°$.
12—13	Меридиан $187^1/_2°$ до территориальн. вод. Граница этих вод к востоку и югу до встречи с меридианом $187^1/_2°$. Меридиан $187^1/_2°$.

Примечание. При проведении границы пояса по реке или линии жел. дороги, прилегающая к реке или жел. дороге полоса смежного пояса шириною в 10 *км*, относится к тому же поясу, к которому отнесена данная река или железная дорога.

ОТДЕЛ VII

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ БИБЛИОГРАФИЯ

Отдел VII.

Астрономическая библиография.

Настоящий отдел не ставит своей целью дать исчерпывающие сведения о всех популярно-научных и научных русских книгах по астрономии, полезных для любителя. По каждому отделу выбран ряд наиболее заслуживающих внимания книг, по возможности освещающих вопрос со всех сторон. Поэтому многие книги пришлось оставить без внимания *).

Все рекомендуемые книги по каждому отделу астрономии естественно распадаются на две рубрики: книги, вышедшие до войны (1914—1915) и книги последних лет, начиная с 1922—1923 (в восьмилетний промежуток 1915—1922 вышло всего несколько книг). Это деление естественно и необходимо по двум причинам: 1) за последнее десятилетие некоторые области науки о небе (напр., астрофизика, звездная астрономия, космогония) сделали такие крупные успехи, что книги, трактующие об этих вопросах, вышедшие в свет 15—20 лет тому назад, являются уже устаревшими и 2) все довоенные книги уже вышли из продажи и их часто трудно достать даже в библиотеках. Хотя за последние годы и вышло из печати более трехсот пятидесяти отдельных книг и брошюр по астрономии, из них достойных внимания серьезного любителя астрономии немного. В большинстве это книги совсем элементарного характера, пригодные для лиц, не знающих даже азбуки астрономии. Поэтому любителям, уже достаточно продвинувшимся по лестнице астрономического знания, по-

---

*) Список всех русских книг по астрономии, вышедших за каждый истекший год, печатается ежегодно в переменной части Календаря.

неволе приходится обращаться ко многим устаревшим, но солидным книгам довоенного издания. По некоторым же отделам астрономии вновь ничего не издано и приходится указывать книги, ставшие весьма редкими.

Учебные пособия и рабочие книги по астрономии для школ *)

Для детей дошкольного возраста имеются две великолепные книжки:

В. В. Шаронов. Прогулка по небу. 100 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1927. 90 к., изложенная чрезвычайно просто и увлекательно, обильно иллюстрированная наглядными рисунками.

Камилл Фламмарион. Звездная книга. Переработка Я. И. Перельмана. 196 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1929. 90 к., в пер. 1 р. 15 к.

Для трудовых школ I и II ступени имеются следующие книги:

М. Е. Набоков. Начальная астрономия в наблюдениях и работах, 108 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1924. 60 к.

М. Е. Набоков. Рабочая книга по астрономии. Для 5 года обучения. 88 стр. 2 издание. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1928. 45 к.

М. Е. Набоков. Рабочая книга по астрономии. 6-й год обучения, 91 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1928. 45 к.

Все три книги дают указания как на основании наблюдений самих школьников можно построить и проработать курс начальной астрономии в пределах программ трудовой школы. Научно-Педагогической Секцией ГУС'а книги допущены для школ.

Проф. Н. П. Каменщиков. Мироздание. 128 стр. 82 рис. 1 зв. карта. 7 издание. ГИЗ. МСК — ЛГ. 1928. 55 к., в пер. 67 к.

В этой книге ценным является то, что после каждого параграфа дается ряд несложных наблюдений и опытов, которые учащиеся могут проделать сами.

---

*) Подробный обзор учебной литературы по астрономии, составленный проф. К Л. Баевым, помещен в сборнике «Физика, Химия, Математика, Техника в трудовой школе». «Работник Просвещения» МСК. Книга I, 1927. 1 р. 75 к. (стр. 128—134).

П. И. Попов. Юный астроном. 98 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1926. 50 к. (составлена по программе ГУС'а).

Проф. К. Д. Покровский. Краткий курс космографии. 97 стр., 96 рис. и зв. карта. ГИЗ МСК—ЛГ. 1926. 65 к.

Сокращенное издание выдержавшего ряд изданий учебника, давно известного своими педагогическими достоинствами.

Проф. И. Ф. Полак. Космография. 227 стр. 183 рис. и зв. карта, ГИЗ. МСК—ЛГ. 1924. 1 р. 50 к.

Проф. Б. П. Герасимович. Учебник мироведения. 182 стр. «Путь Просвещения». Харьков. 1923. 1 р. 25 к.

Неважно изданный, но очень интересно составленный учебник.

Проф. В. В. Стратонов. Космография (начало астрономии). 194 стр. 256 рис. 11 табл. 1 карта. 4 издание. ГИЗ. ЛГ. 1923. 1 р. 35 к.

Проф. Н. П. Каменщиков. Начальная астрономия. 168 стр. 120 рис. 1 карта. ГИЗ. ЛГ. 80 к.

Специально для Педагогических Техникумов есть всего один учебник:

Н. Н. Чулицкий. Астрономия для педтехникумов. Научно-Технич. Секцией ГУС'а допущено в качестве руководства. 196 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1928. 1 р. 75 к.

Из книг, носящих характер пособий для практических работ и наблюдений, упомянем:

Н. Платонов. Практические занятия по начальной астрономии. 210 стр. 135 р. ГИЗ. МСК. 1925. 1 р. 30 к.

Новое издание хорошей старой книги, содержащей много полезных указаний к ведению практических занятий.

Проф. Н. П. Каменщиков. Астрономические задачи. Сборник для юношества. Научно-Педагог. Секцией ГУС'а допущен как руководство для школ II ступени. 136 стр. ГИЗ. МСК. 1923. 80 к.

А. И. Баранов. Школьный астрономический городок и упрощенные приборы по космографии. 137 стр. ГИЗ. ЛГ. 1924. 80 к.

Книга содержит ряд очень ценных указаний по организации практических работ в школе и постройке наглядных пособий по космографии.

Из учебников довоенного издания до сих пор не потеряли значения:

С. В. Щербаков. Курс космографии для средних учебных заведений. 184 стр. 9 издание. Нижний-Новгород. 1910.

Превосходно изложена математическая сторона космографии.

Ф. Тиссеран и *А. Андуайе.* Космография. Издание «Просвещение». СПБ. 1908.

Большой курс, полезный как пособие для преподавателя.

Ч. А. Юнг. Уроки астрономии со включением описания созвездий. Перевод П. Я. Морозова. 366 стр. Издание О. Поповой. СПБ. 1902.

Прекрасная книга, могущая послужить, как курсом начальной космографии, так и книгой для чтения.

Книги для первоначального ознакомления с астрономией, носящие характер общего обзора.

(*В порядке постепенной трудности*).

А. В. Костицын. Тайны неба. 64 стр. ГИЗ МСК—ЛГ. 1927. 12 к.

Пожалуй наиболее элементарная и доступная из многих народных брошюр, к сожалению изданная несколько небрежно.

Е. Чижов. Тайны и чудеса Вселенной. 190 стр. с рис. ГИЗ. МСК. 1925. 1 р. 20 к.

К. Фламмарион. Общедоступная астрономия. 245 стр. Издание просмотр. и дополн. проф. С. Н. Блажко. ГИЗ. Берлин. 1922. 80 к.

Лучшая из ряда «маленьких» астрономий этого известного популяризатора. Изложение увлекательное. Язык необыкновенно ясный, простой и художественный. Книга продолжает оставаться незаменимым первоначальным руководством для начинающих.

К. Фламмарион. Прогулка по звездам. Перевод с франц. Оленина-Волгаря под ред. проф. Блажко. 96 стр. «Пучина» ЛГ. 1924. 90 к.

Книга такого же характера, как предыдущая.

Э. О. Танкок. Краткий очерк астрономии. 84 стр. Перевод с англ. под редакцией проф. А. Р. Орбинского. ГИЗУ. Одесса. 1923. 70 к.

В кратком изложении эта превосходная книга затрагивает все отделы астрономии.

Фабр-Графф. Лекции из области науки о небе для старого и малого. Перев. с нем. С. М. 272 стр. 156 рис. «Московский Рабочий». МСК. 1924. 1 р. 50 к.

Дм. Ройтман. Общедоступные очерки из области астрономии. 418 стр. 3 издание. ГИЗ. ЛГ. 1924. 1 р. 50 к.

С. Ньюкомб. Астрономия для всех. 225 стр. 3 издание. «Матезис». Одесса. 1923. 2 р.

Или же другое издание этой же книги:

С. Ньюкомб. Популярная астрономия. Перев. под ред. и в обработке проф. Н. Каменщикова. 157 стр. 63 рис. 3 табл. «Прибой» ЛГ. 1924. 1 р.

По стройности, ясности и простоте изложения, полному отсутствию необоснованных обобщений и фантазий, так свойственных популярной астрономической литературе, эта книга должна быть поставлена на первое место среди всех перечисленных.

П. Каптерев. Земля и Вселенная. 179 стр. 17 рис. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1926. 1 р. 35 к.

Удачная, но несколько сухая компиляция.

Нижеследующие книги можно отнести к промежуточному между этим отделом и следующим:

Г. Клейн. Астрономические вечера. 552 стр. 245 рис. Издание переработ. и дополн. проф. В. Г. Фесенковым. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1924. 1 р. 50 к.

(Есть еще два новых издания этой книги т-ва «Книга», 1924 и 1926 и ряд довоенных изданий).

Образец популярной, но вполне научной книги по астрономии, которая излагает историческое развитие этой науки и знакомит с основными ее достижениями. Основной чертой книги является художественность и образность языка, увлекательность и простота изложения.

В. А. Костицын. Происхождение Вселенной. 172 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1926. 1 р. 50 к.

Книга написана очень интересно, местами увлекательно. Оригинальный подход к вопросу в многих местах выгодно отличает эту книгу от обычных популярных работ.

Описательная астрономия.

Проф. А. А. Иванов. Введение в астрономию. 191 стр. ГИЗ. МСК. 1923. 1 р. 20 к.

Сжатый, содержательный учебник, предназначенный для студентов I курса физ.-матем. факультета университетов. Местами слишком конспективен.

Ф. Р. Мультон. Введение в астрономию. Перевод под редакцией проф. В. Г. Фесенкова. XXIV + 512 стр. 194 рис. 5 звездных карт. ГИЗ. МСК. 1925. 2 р. 50 к.

Эта книга является не только нормальным руководством для высшей школы, но настольным справочником для каждого любителя астрономии, педагога, лектора. Выдающиеся педагогические достоинства этого труда неоспоримы. К сожалению материал книги уже несколько устарел, т. к. перевод сделан с издания 1921 без всяких изменений и дополнений. С внешней стороны издание тоже оставляет желать лучшего.

Остальные курсы описательной астрономии на русском языке, изданные до войны, уже значительно устарели; за отсутствием новых к ним все таки приходится постоянно обращаться, однако с некоторой осторожностью, особенно в отношении сведений по астрофизике.

Самый новый из них, но довольно редкий труд:

Проф. С. Д. Черный. Курс описательной астрономии. 203 стр. 57 черт. Ростов-на/Дону. 1916.

Несколько сухой, но серьезный и полный курс.

С. Ньюкомб и *Р. Энгельман.* Дополнено Г. Фогелем. Астрономия в общепонятном изложении. Перевод Н. Дрентельна. 746 стр. Издание К. Л. Риккера. СПБ. 1896. Прекрасное сочинение, дающее полное и ясное представление о всех отделах астрономии, с таблицами и краткими биографическими сведениями в приложении. По выражению проф. С. Глазенапа «настольная книга каждого астронома».

Проф. М. Хандриков. **Описательная астрономия,** элементарно изложенная. 556 стр. 2 издание. Киев. 1896.

Книга приблизительно такого же содержания, как вышеназванное сочинение Ньюкомба, но изложенная очень сухо и без рисунков.

И. И. Литров. Тайны неба. Общедоступное изложение всех отделов астрономии. Перевод с 8 немецкого издания, переработанного д-ром Эдмундом Вейсом, проф. А. А. Иванова, с дополнениями. 974 стр. Издание Брокгауз и Ефрон. СПБ. 1902.

Очень полное сочинение по описательной астрономии, полезное для исторических справок.

В. Мейер. Мироздание. Астрономия в общепонятном изложении. Перевод под редакцией и с дополнениями проф. С. Глазенапа. 682 стр. «Просвещение». СПБ. 1903.

Подробный курс описательной астрономии без математических выкладок. Издание отличается хорошими иллюстрациями.

К. Фламмарион. Живописная астрономия. Перевод Е. Предтеченского. 696 стр. 382 рис. Издание Ф. Павленкова СПБ. 1897.

Очень полная и увлекательно написанная книга по описательной астрономии без применения математики. Материал книги местами очень устарел.

Другие русские переводы этой книги сокращенные и неудовлетворительные.

Проф. Ч. А. Юнг. Описательная астрономия. Перевод проф. А. Р. Орбинского. Вып. I. 208 стр. Издание «Матезис». Одесса. 1915.

Начало издания великолепной книги Юнга, к сожалению остановившееся на первом выпуске.

Николай Морозов. Вселенная. («Итоги науки в теории и на практике», т. II) Издание «Мир». МСК. 1914.

Очень хорошо написанный обзор описательной астрономии, но автор часто высказывает только свои теории и выводы, к которым порой нужно относиться с некоторой осторожностью.

Сферическая астрономия.

Для сферической астрономии необходимо знание сферической тригонометрии. Наиболее простое изложение этого отдела математики можно найти в книге:

Проф. С. Глазенап. Тригонометрия. Часть III. Решение сферических треугольников. 97 стр. ГИЗ. МСК—ПГР. 1923. 50 к.

Очень хорошо и просто написана также небольшая книжка:

П. Кранц. Сферическая тригонометрия. Перевод А. Цейтлина под ред. проф. Я. Н. Шпильрейна. 93 стр. Издание И. П. Ладыжникова. Берлин. 1923. 65 к.

Кроме того имеется целый ряд курсов сферической тригонометрии, изданных в довоенное время, как кратких, так и очень подробных. Из них для первоначального знакомства любителю астрономии особенно полезна книга:

О. Г. Дитц. Записки по сферической тригонометрии. 80 стр. СПБ. 1912.

В последние годы по сферической астрономии переизданы только:

Проф. А. А. Иванов. Курс сферической астрономии. 317 стр. ГИЗ. Берлин. 1923. 1 р. 20 к.

Продуманный дидактический курс с примерами вычислений и вспомогательными таблицами.

Проф. Н. Цингер. Курс астрономии (часть теоретическая). 2-е перераб. издание под редакц. В. В. Бялокоза, Д. Д. Сергиевского и В. В. Ахматова. 458 стр. Издание Главного Гидрографического Управления. ПГР. 1922.

Более легкий и доступный курс.

Из старых курсов прежде всего укажем:

К. Цветков, Лекции по астрономии. Часть I. Пособие для слушателей Межевого Института. 163 стр. МСК. 1912:

и дополнение к нему:

К. Цветков. Задачи по сферической астрономии. Пособие для практических работ по астрономии в Межевом Институте. 63 стр. 2-е издание МСК. 1914.

Обе книжки будут очень полезны для любителя, хотя достать их сейчас трудно.

К. Шарнгорст. Введение в астрономию. 372 стр, 2 издание. СПБ. 1893. Просто и хорошо изложены общие вопросы астрономии.

Из других старых курсов упомянем:

Проф. М. Хандриков. Курс сферической астрономии. 340 стр. Киев. 1904.

Проф. Р. Фогель. Курс сферической астрономии. 205 стр. Киев. 1910.

Шидловский. Руководство к сферической астрономии. 2 тома. 379 + 475 стр. Киев. 1866 и 1869.

Антикварное издание. Очень подробное руководство.

Брюннов. Учебник сферической астрономии в 2 томах. Перевод Н. Н. Буцкого. 578 стр. СПБ. 1873.

Тоже очень редкое издание.

По вопросу о солнечных затмениях укажем специальное исследование:

Проф. А. А. Михайлов. Теория солнечных затмений. 136 стр. 48 чертежей. ГИЗ. МСК. 1925. 1 р.

Остальные книги по отдельным вопросам сферической астрономии носят специальный характер и мало доступны для любителя.

Практическая астрономия.

По этому разделу укажем три общих курса:

Проф А. А. Иванов. Практическая астрономия. 187 стр. ГИЗ. Берлин. 80 к.

Сравнительно простой курс того же достоинства, как и курс сферической астрономии этого автора.

Проф. Н. Я. Цингер. Курс практической астрономии. 306 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1925. 1 р. 50 к.

Более трудный и полный курс.

Проф. К. А. Цветков. Лекции по практической астрономии. Часть I. Издание 2. 279 стр. Из-во Московского Высшего Технического училища. МСК. 1928. 5 р. (литографировано).

Б. Нумеров. Методы приближенного определения широты, времени и азимута. 32 стр. Издание Астроном. Института. ЛГ. 1927. 75 к.

По вопросу об измерении времени имеется ряд брошюр:

В. В. Шаронов. Который час? Простейшие способы определения времени по Солнцу, Луне и звездам с помощью самодельных приборов. 64 стр. 23 рис. «Научное книгоиздательство». ЛГ. 1929. 60 к.

А. С. Беликов. Который час? 104 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1927. 65 к.

Н. К. Лебедев. Поясное время. 55 стр. ГИЗ. МСК. 1924. 50 к.

М. А. Смирнова. Служба точного времени. 72 стр. ГИЗ. МСК.—ЛГ. 1928. 50 к.

Н. Днепровский. Время, его измерение и передача. 110 стр. «Научное книгоиздательство» ЛГ. 1924. 50 к.

Теоретическая астрономия и небесная механика.

Проф. А. А. Иванов. Основной курс теоретической астрономии. 379 стр. ГИЗ. Берлин. 1923 г. 2 р. 25 к.

Проф. А. Орлов. Теоретическая астрономия. 100 стр. Издание «Матезис». Одеса. 1921.

Кроме этих специальных трудов, требующих основательного знания высшей математики, остальные более легкие пособия, могущие служить для ознакомления с главнейшими задачами теоретической астрономии и небесной механики, являются антикварными изданиями.

П. Лаплас. Изложение системы мира. Перевод М. Хотинского. 2 тома. 418 + 412 стр. СПБ. 1861.

Классический труд знаменитого астронома. Изложение далеко не популярно, хотя и без формул.

Д. Гершель. Очерки астрономии. Перевод А. Драшусова. 2 тома 450 + 344 стр. МСК. 1861—1862.

Несколько глав II тома представляют прекрасное геометрическое исследование всех главных неравенств в движении планет и Луны.

Эри. Популярная физическая астрономия. Перев. Федорова. СПБ. 1847.

Очень редкая книга. Сочинение, хотя менее блестящее, чем труд Гершеля но более полное (есть теория спутников Юпитера).

Н. Цингер. Элементарная теория эллиптического движения планет. МСК. 1891.

Д. Перевощиков. Теория планет. 5 вып. Изд. Академии Наук. СПБ. 1863—1868. Специальное сочинение, интересное между прочим тем, что в каждом выпуске во введении излагается вся сущность дальнейшего математического исследования и исторический ход его.

С. Ньюком. Теория движения Луны. (История и современное состояние вопроса). Изд. «Матезис». Одесса. 1908.

Небольшая брошюра.

По теории приливов есть две достаточно популярно написанные, но вполне серьезные научные книги:

Р. Болл. Века и приливы. 104 стр. «Матезис». Одесса. 1909.

Блестящий очерк известного английского популяризатора.

Дж. Дарвин. Приливы и родственные им явления в солнечной системе. 328 стр. ГИЗ. МСК. 1923. 1 р. 60 к.

Классическое произведение одного из виднейших работников в этой области.

М. В. Никитин. Гармонический анализ приливов. 168 стр. 11 черт. Издание Гидрограф. Управления СССР. ЛГ. 1925.

Астрофизика.

В. Г. Фридман. Свет и материя. (Очерк спектрального анализа). 256 стр. 116 рис. «Московский Рабочий». МСК. 1925. 1 р. 80 к.

Простое и понятное изложение основ спектрального анализа и его приложений.

С. А. Высотский. Вестник далеких миров. Спектральный анализ неба. 162 стр. «Прибой». ЛГ. 1926. 80 к.

П. Я. Давидович. Физика Вселенной. 207 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1926. 1 р. 30 к.

Обе книги содержат свежий интересный материал. Особенно интересна вторая, блестяще и достаточно подробно излагающая методы и достижения последних лет в области астрофизики.

Из книг более специального характера имеются два тома начатого в 1921, но до сих пор незаконченного

Научным книгоиздательством «Курса астрофизики» в 5 томах:

Г. А. Тихов. Астрофотометрия. 131 стр. ЛГ. 1922. 80 к.

А. А. Белопольский. Астроспектроскопия. 277 стр. ЛГ. 1921. 1 р. 20 к.

Для любителя книги малодоступные, особенно вторая.

Из старых книг еще не потеряла значения:

Св. Аррениус. Физика неба. Перевод с немецкого под редакц. проф. А. Р. Орбинского. 250 стр. «Матезис». Одесса. 1908.

По вопросам космической химии укажем:

Акад. А. Е. Ферсман. Химия мироздания. 68 стр. «Время». ЛГ. 1923. 30 к.

Маленькая популярная брошюра.

Акад. А. Е. Ферсман. Химические элементы Земли и Космоса. 177 стр. Научное Хим.-Техн, Из-во. Петербург. 1923 г. 1 р.

Трудная, но блестяще написанная книга.

Св. Аррениус. Физико-химические закономерности химических процессов в Космосе. 29 стр. Научное Хим.-Техн. изд-во. ЛГ. 1924. 20 к.

Св. Аррениус. Проблемы физической и космической химии. 96 стр. Научное Хим.-Техническ. Изд-во. ЛГ. 1925. 1 р. 35 к.

Отдельные вопросы описательной астрономии и астрофизики.

ЗЕМЛЯ.

Д. Ройтман. Форма и движение Земли. 79 стр. ГИЗ. МСК. 1922. 15 к.

Более чем доступно написанная книжка.

Проф. К. Л. Баев. Земля, как небесное тело. 100 стр «Молодая Гвардия». МСК—ЛГ. 1927. 50 к.

Д. Пойнтинг. Земля, ее форма, размеры, вес и вращение. 84 стр. 49 рис. ГИЗУ. Одесса. 1923. 70 к.

Новые идеи в астрономии. Сб. 2. Земля. Ее внешняя форма и внутреннее строение. 154 стр. «Образование». СПБ. 1913. 80 к.

Элизе Реклю. Земля, как планета. (1 вып. сочинения «Земля»). Под редакцией Н. А. Рубакина. 161 стр. Издание К. И. Тихомирова. МСК. 1911.

Устарелая книжка. Ценна обширным списком довоенных книг по астрономии с их краткими характеристиками (составлен редактором).

ЛУНА.

А. В. Соловьев. Мир Луны. 48 стр. «Красная Газета». ЛГ. 1926. 15 к.

Ю. Франц. Луна. Перевод с немецкого С. А. Шорыгина, под редакц. проф. А. А. Михайлова. 169 стр. 29 рисунк. 2 табл. ГИЗ. МСК. 1922. 30 к.

Мастерски написанная книга. Лучшее сочинение о Луне на русском языке. В приложении подробная библиография всех книг и статей о Луне до 1922, составленная С. А. Шорыгиным.

С. Гальперсон. Атлас Луны. 2 издание «Научного книгоиздательства». Петроград. 1922. 90 к.

Очень дешевый и удобный атлас, необходимый при наблюдении в трубу или бинокль.

Ф. Фаут. Природа Луны. Под редакц, проф. А. А. Иванова. 138 стр. 48 рис. «Брокгауз-Ефрон». СПБ. 1911.

Ал. Вегенер. Происхождение лунных кратеров. Перевод под редакц. В. А. Костицына и А. Д. Архангельского. 47 стр. ГИЗ. МСК—ПГР. 1923. 45 к.

СОЛНЦЕ.

И. Ф. Полак. Солнце. 120 стр. ГИЗ.МСК.—ЛГ. 1928. 70 к.

Н. Барабашев. Солнце. 89 стр. 16 рис. «Червоний Шлях». Харьков. 1925. 50 к.

Проф К. Л. Баев. Солнце и его пламя. 96 стр. «Молодая Гвардия». МСК. 1923. 35 к.

Три наилучших доступных книжки для первоначального ознакомления с Солнцем.

Э. К. Эпик. Солнце по новейшим исследованиям. 155 стр. 12 рис. 2-е исправл. и дополн. издание. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1927. 1 р. 50 к.

Очень интересный и содержательный обзор всех успехов, достигнутых физикой Солнца.

Ч. Юнг. Солнце. Популярная монография. Перев. И. А. Давыдова с дополнениями А. А. Белопольского. 223 стр. 65 рис. ГИЗ. МСК—ПГР. 1923. 50 к.

Популярный классический труд известного астронома.

В. В. Стратонов. Солнце. 238 стр. in folio. Издание автора. Тифлис. 1910.

Роскошно изданная, но очень популярно написанная книга.

Т. Морэ. Солнце. 254 стр. 99 рис. Издание Ф. И. Булгакова. СПБ. 1904.

Устарела, но очень полезна массой собранного в ней фактического материала о наблюдениях Солнца в прошлом столетии.

ПЛАНЕТЫ.

Я. И Перельман. Мир планет. 76 стр. 3 перераб. и дополн. издание. «Академическое Издательство». ЛГ. 1924.

Проф. Н. П. Каменщиков. Планеты. 115 стр. «Образование». ЛГ. 1926. 65 к.

Несколько небрежно написанная компиляция. Новейшие данные о планетах мало использованы.

А. Сырокомский. Семья планет. 79 стр. 11 рис. «Путь Просвещения». Харьков. 1923. 35 к.

К. Л. Баев. Жизнь миров. 115 стр. «Новая Москва». МСК. 1925. 40 к.

Св. Аррениус. Жизненый путь планет. Перевод под редакцией проф. В. А. Костицына. 112 стр. ГИЗ. МСК—ПГР. 1923. 75 к.

К. Л Баев. Марс и жизнь на нем. 119 стр. 7 рис. «Новая Москва», МСК. 1924. 40 к.

С. А. Высотский. Что мы знаем о Марсе? 110 стр. «Полярная Звезда». ЛГ. 1924. 70 к.

В. В. Шаронов. Планета Марс в свете новейших исследований. 40 стр. «П. П. Сойкин». ЛГ. 1926. 40 к.

И. Ф. Полак. Планета Марс и вопрос жизни на ней. 100 стр. ГИЗ. МСК. 1924. 40 к.

В. Стовичек. Загадочная планета (Марс). Под редакц. проф. С. Н. Блажко. 150 стр. «Пучина». ЛГ. 1925. 1 р. 20 к.

Хорошее изложение классических исследований Скиапарелли.

Р. Гензелинг. Загадки Марса и его история. Перев. с немецкого под редакцией проф. Н. П. Каменщикова. 95 стр. 39 рис. «Прибой». 1926. 70 к.

Лучшая из новых книг о Марсе на русском языке.

П. Ловелл. Марс и жизнь на нем. Перев. под редакц. проф. А. Р. Орбинского. 270 стр. «Матезис». Одесса. 1912.

Классический труд одного из ревностных наблюдателей Марса, сторонника «каналов».

Новые идеи в астрономии. Сб. 6. Марс и его каналы. 146 стр. «Образование». СПБ. 1914. 80 к.

КОМЕТЫ.

Н. П. Каменщиков. Кометы. 32 стр. Издание П. П. Сойкина (Знание для всех). ПГР. 1915.

Е. Предтеченский. Кометы и падучие звезды. 126 стр. 29 рис. Изд. Ф. Павленкова. СПБ. 1896.

Две очень хорошо написанные популярные книжки, но достаточно устаревшие, особенно вторая.

Проф. С. П. Глазенап. Кометы. 292 стр. СПБ. 1910.

Книжка представляет собою интерес главным образом с точки зрения исторической (описание многих комет прошлых веков).

Новые идеи в астрономии. Сб. 5. Кометы. Их природа и происхождение. 156 стр. «Образование». СПБ. 1914. 80 к.

Несколько трудная, но очень интересная книжка.

Август Риги. Кометы и электроны. Перевод под ред. проф. А. А. Иванова. 62 стр. «Физика». СПБ. 1911.

Н. М. Субботина. История кометы Галлея. 157 стр. СПБ. 1910.

К. Графф. Комета Галлея. 71 стр. «Матезис». Одесса. 1910.

Лучшие две книжки из довольно обширной литературы, посвященной возвращению этой кометы в 1910.

ЗВЕЗДЫ.

Проф. Б. П. Герасимович. Вселенная. 94 стр. «Путь Просвещения». Харьков. 1923. 30 к.

Наиболее просто написанная книжка о звездном мире.

В. Семейкин. Мир звезд. 144 стр. 58 рис. «Пролетарий» Харьков. 1925. 1 р. 25 к.

И. Ф. Полак. Строение звездного мира. 98 стр. Издание М. и С. Сабашниковых. МСК. 1923. 50 к.

Тоже очень доступно написанные и легко читаемые книжки.

Проф. В. Г. Фесенков. Звезды. 52 стр. ГИЗ. ЛГ. 1924. 45 коп.

Содержит хорошее изложение идей Ресселла об эволюции звезд.

Проф. В. А. Костицын. Строение вселенной. 82 стр. «Работник Просвещения». МСК. 1926. 60 к.

Самая новая книга о строении вселенной.

С. Ньюкомб. Звезды. Под ред, проф. В. В. Серафимова 240 стр. ГИЗ. МСК—ПГР. 1923. 1 р. 50 к.

Классическое произведение знаменитого астронома, к сожалению значительно устаревшее, т. к. переведено в 1923 без изменений с подлинника, вышедшего за 20 лет перед тем.

В. В. Стратонов. Звезды. 340 стр. 120 рис. Изд. т-ва В. В. Думнова. МСК. 1919.

Великолепная монография о звездах, широко захватывающая все вопросы звездного мира, но тоже к сожалению местами нуждающаяся уже в изменениях и дополнениях в зависимости от новых данных последних лет.

Г. Э. Гэль. Глубины небес. Перев. с английск. под ред. и с предисловием проф. А. Р. Орбинского. 142 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1 р. 25 к.

Прекрасная как по содержанию, так и по изложению книга. Написана одним из величайших астрономов нашего времени, стоящим во главе Обсерватории Монг-Вильсон, из которой вышли грандиозные открытия науки о природе звезд.

А. С. Эддингтон. Звезды и атомы. Перев. с англ. проф. С. И. Вавилова. 150 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1928. 1 р., в папке 1 р. 15 к.

Книжка, популяризирующая новейшие теории эволюции звезд; написана увлекательно, смело и удивительно просто и изящно. Рассчитана на читателя знакомого с основами современного учения об атоме и космической физики.

Дж. Г. Джинс и *А. Эддингтон.* Современное развитие космической физики. Перев. с английск. С. И. Вавилова. 68 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1928. 45 к.

Книга того же характера как предыдущая.

А. А. Михайлов. Успехи и методы современной астрономии. 120 стр. «Работник Просвещения». МСК. 1927. 70 к.

Более доступная и легкая книжка, чем предыдущие, посвящена главным образом успехам звездной астрономии.

Из старых книг о звездах можно упомянуть только:

Камилл Фламмарион. Звездное небо и его чудеса. Перевод Е. Предтеченского. 736 стр. 400 рис. Издание Луковникова. СПБ. 1699.

Хорошее описание легко доступных любителю небесных об'ектов; много исторических фактов относительно созвездий и звезд.

Новые идеи в астрономии. Сб. 4. Распределение звезд в пространстве. 158 стр. 1914. Сб. 7. Звезды. Их цвет и температура. 121 стр. 1915. «Образование». СПБ. По 80 к.

ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И АСТРОНОМИЯ.

Ш. Нордманн. Эйнштейн и вселенная. Перевод с франц. Р. Кальменс. 192 стр. Издание Л. Д. Френкель. МСК—ЛГ. 1923. 1 р. 20 коп.

Проф. Б. П. Герасимович. Вселенная при свете теории относительности. 89 стр. ГИЗУ. Харьков. 1925. 40 к.

С. И. Вавилов. Экспериментальные основания теории относительности. 163 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1928. 1. р. 50 к.

ПРОБЛЕМА МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПУТЕШЕСТВИЙ.

Я. И. Перельман. Межпланетные путешествия. Начальные основания звездоплавания 192 стр. 50 рис. 6 из-

дание, заново переработанное и значительно дополненное. «Прибой». ЛГ. 1929. 1 р. 60 к.

К. Э. Циолковский считает эту книгу „первой в мире серьезной, хотя и вполне общедоступной книгой, рассматривающей проблему межпланетных перелетов и распространяющей правильные суждения о космической ракете“. Проф. А. В. Цингер оценил ее как «один из удачнейших образцов научно-популярной литературы, не только оригинально русской, но и европейской.

Макс Валье. Полет в межпланетное пространство. Перевод Войтинской. 112 стр. «Книга». МСК—ЛГ. 1926. 90 к. Написана популярно и увлекательно.

К. Циолковский. Исследование мировых пространства реактивными приборами. 127 стр. Издание автора. Калуга 1926.

Н. А. Рынин. Межпланетные сообщения в фантазиях романистов и в проектах ученых.

Обширный труд, выходящий независимыми выпусками (всего предположено девять). Пока вышли:

1. Мечты, легенды и первые фантазии. XII + 110 стр. 82 рис. Издание автора. ЛГ. 1928. 1 р. 70 к.

2. Космические корабли в фантазиях романистов. 160 стр. 164 рис. «П. П. Сойкин». ЛГ. 1928. 1 р. 50 к.

3. Лучистая энергия в фантазиях романистов 80 стр. «П. П. Сойкин». ЛГ. 1929. 75 к.

4. Ракеты и двигатели прямой реакции. (История, теория и техника). 216 стр. 186 черт. Издание автора. ЛГ. 1929. 4 р.

Ю. Кондратюк. Завоевание межпланетных пространств. Под ред. проф. В. П. Ветчинкина. 72 стр. Издание автора. Новосибирск. 1929. 1 р.

Космогонические гипотезы.

Проф. К. Л. Баев. Происхождение мира. 99 стр. «Новая Москва». МСК. 1925. 35 к.

Проф. К. Л. Баев. Начало и конец мира. 55 стр. «Новая Москва». МСК. 1927. 35 к.

Проф. К. Л. Баев. Происхождение земли и планет. 60 стр. «Пролетарий». Харьков. 1926. 35 к.

Самые легкие и просто написанные книжки по этому вопросу.

Джинс. Происхождение солнечной системы. 36 стр. «Матезис». Одесса. 1924. 30 к.

Джинс и *Фесенков.* Новейшее учение о происхождении мира. 2 статьи. 83 стр. Издание ЦК. союза жел.-дор. МСК. 1923. 50 коп.

Проф. И. Ф. Полак. Происхождение вселенной. 134 стр. Издание Комм. Унив. им. Я. М. Свердлова. МСК. 1926 1 р. 25 к.

Содержит хорошее изложение как старых, так и новых гипотез.

А. Б. Якобсон. Происхождение мира. 88 стр. 9 рис. «Работник Просвещения». МСК. 1926. 60 к.

Классические космогонические гипотезы. Кант—Лаплас — Дарвин — Пуанкаре. Сборник оригинальных работ по редакцией и со вступительной статьей проф. В. А. Костицына. 172 стр. ГИЗ. МСК. 1923. 80 к.

В. Нернст. Мироздание в свете новых исследований. 58 стр. ГИЗ. МСК—ПГР. 1923. 35 к. (есть и другое русское издание «Научного книгоиздательства»).

Новые идеи в астрономии. Сб. 1 и 3. Космогонические гипотезы. 140 и 152 стр. «Образование» СПБ. 1913. По 80 коп.

Св. Аррениус. Образование миров. 197 стр. «Матезис». Одесса. 1911.

Изложение космогонических идей Дарвина и Мультона можно найти в упомянутых ранее книгах этих авторов.

История астрономии.

По истории астрономии большинство книг принадлежит к редким, давно вышедшим из продажи изданиям.

Историческое развитие астрономии в связи с биографиями выдающихся астрономов превосходно изложено в упомянутой выше книге Клейна «Астрономические вечера».

Сжатый, но содержательный обзор по истории астрономии представляет маленькая книжка:

С. Оппенгейм. Астрономическое мировоззрение в его историческом развитии. Часть I. С древних времен по настоящее время. Перевод Г. Ефрона под редакц. пр.-доц. К. А. Угринского. 134 стр. Издание И. П. Ладыжникова. Берлин. 1923. 60 к.

Далее пойдут обстоятельные книги довоенных изданий.

Ф. Араго. Жизнеописания знаменитых астрономов, физиков, геометров. Перевод Д. Перевощикова. Том I. 639 стр. СПБ. 1860.

Содержит прекрасные биографии многих астрономов, начиная с Гиппарха и кончая В. Гершелем и Лапласом.

А. Берри. Краткая история астрономии. Под редакцией Р. Фогеля. 606 стр. Издание т-ва И. Д. Сытина. МСК. 1904.

Лучшая популярная и вместе с тем вполне научно изложенная история астрономии.

Св. Аррениус. Представление о мироздании на протяжении веков. 216 стр. «Сфинкс». МСК. 1911.

Трельс-Лунд. Небо и мировоззрение в круговороте времен. 233 стр. «Матезис». Одесса. 1912.

В обеих последних книгах говорится о значении астрономии и астрологии в мировоззрении различных веков.

О. Лодж. Пионеры науки. Лекции по истории астрономии. 334 стр. Издание Ф. Павленкова. СПБ. 1901.

Проф. К. Покровский. Успехи астрономии в XIX столетии. 276 стр. «Образование». СПБ. 1902.

Агнеса Кларк. Общедоступная история астрономии XIX столетия. 656 стр. «Матезис». Одесса. 1914.

В этом обстоятельном исследовании хорошо схвачена сущность и историческая перспектива развития астрономии прошлого века.

Камилл Фламмарион. История неба. 525 стр. СПБ. 1879.

Левицкий. Астрономия и геодезия в России. Статья в старом Энциклопедическом Словаре Брокгауза и Ефрона. 55 полутом, стр. 732.

Проф. Дзиобек. Астрономия и математика Вавилона. 34 стр. Издание Музея Наглядных Пособий. Ростов Ярославский. 1926.

Н. Идельсон. История календаря. 176 стр. «Научное Книгоиздательство». ЛГ. 1925. 1 р.

Сравнительно много места отведено истории астрономии в превосходной книжке:

А. Б. Якобсон. Очерк истории точных наук. 204 стр. 2 издание. «Работник Просвещения». МСК. 1928. 1 р. 40 к.

Из биографий отдельных астрономов имеются:

Проф. С. Н. Блажко. Коперник. 102 стр. ГИЗ. МСК— ЛГ. 1926. 70 к.

Акад. В. Стеклов. Галилей. 103 стр. ГИЗ. Берлин. 1923. 50 коп.

Е. Предтеченский. Кеплер. Его жизнь и научная деятельность. 144 стр. Издание Гржебина. ЛГ. 1923. 55 к.

Проф. В. Фесенков. Лаплас. 71 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1925. 60 коп.

Семенова Федора Алексеевича, курского астронома-любителя автобиография. Под редакц. В. Ветчинкина и Д. Святского. Издание Р. О. Л. М. ЛГ. 1920. 50 к.

О работах Ньютона имеется новая книжка:

Ньютон. 1727—1927. Очерки по истории знаний. Сборник статей. 73 стр. Издание Академии Наук СССР. ЛГ. 1927. 1 р.

и две старые биографии:

М. Филиппов. Ньютон, его жизнь и научная деятельность. 80 стр. Биограф. библиотека Ф. Павленкова. СПБ. 1892.

Н. Маракуев. Ньютон, его жизнь и труды. 202 стран. 4 издание. МСК. 1908.

Биографии ряда астрономов печатались в приложениях к переменной части Русского Астрономического Календаря:

С. К. Костинский. Ф. А. Бредихин (XI).

П. И. Яшнов. О. А. Баклунд (XXIII).

К. Д. Покровский. С. П. Глазенап (XXVII).

К. Д. Покровский. В. К. Цераский (XXVIII).

Г. Г. Горяинов. К. Фламмарион (XXIX).

Н. И. Идельсон. Три годовщины (Ньютон, Лаплас, Леверрье). (XXX).

К. Д. Покровский. А. А. Белопольский (XXXI).

По вопросам хронологии есть одна старая книжка:

Н. Лалош. Время исчисления христианского и языческого мира. 2 издание. СПБ. 1867.

Практические руководства и пособия к наблюдениям.

Для ориентировки на небе и первоначального ознакомления с созвездиями и отдельными звездами пригодны три книжки:

Е. Чижов. Звездные вечера. Первое знакомство со звездами и созвездиями. 152 стр. ГИЗ. Берлин. 1222. 30 к.

Проф. Н. П. Каменщиков. Как наблюдать небесные светила. 40 стр. 19 рис. «Красная Газета». ЛГ. 1927. 15 к.

В. В. Адрианов. Руководство для первоначального ознакомления с небом путем самостоятельных наблюдений. 48 стр. Нижний-Новгород. 1919. 20 к.

Далее идет ряд книг более серьезного характера, дающих подробные указания, что можно сделать с любительскими средствами в той или иной отрасли науки о небе.

Проф. К. Д. Покровский. Путеводитель по небу. Практическое руководство к астрономическим наблюдениям невооруженным глазам и малой трубой. 262 стр. 110 рис. 5 карт. зв. неба. 1 карта Луны. 4 издание испр. и дополн. ГИЗ. Берлин. 1923. 1 р.

Задача автора—указать, что и как можно наблюдать невооруженным глазом и малой трубою (от 2 до 5 дм. в диаметре).

Рюдо. Как изучать небесные тела. Перевод с французского под редакцией проф. А. А. Иванова. 262 стр. «Физика». СПБ. 1911.

Книжка более общего содержания, но местами хорошо дополняющая предыдущую. Например, указывается, как можно применить фотографирование в пределах возможностей любителя.

Проф. С. П. Глазенап. Друзьям и любителям астрономии. 462 стр. 2 издание. СПБ. 1909.

До сих пор очень ценная книжка; содержит полезные первые указания о наблюдении переменных и падающих звезд.

Гаррет П. Сервис. Астрономия с биноклем. Популярное введение к изучению звездного неба. Перев. с англ. М. И. Кисловского. 162 стран. Издание О. Н. Поповой. СПБ. 1903.

Все эти книги дают только общее руководство к наблюдениям различных небесных об'ектов. Для более детальной разработки той или иной выбранной любителем области, следует обращаться к одной из приведенных выше инструкций (отд. V), где почти в каждой инструкции даются соответствующие библиографические указания.

Для начального ознакомления с небом имеются две звездных карты:

Проф. А. А. Михайлов. Подвижная карта звездного неба. «Научное книгоиздательство». ЛГ. 1924. 30 к. (с приложением брошюры).

Эта карта служит для первоначального ознакомления с небом и определения общего вида звездного неба для данного часа, дня и месяца.

П. Яшнов. Звездная карта. Издание Нижегор. Кружка Любит. Физ. и Астр. Нижний-Новгород. 1920. Цена с об'ясн. текстом 20 к.

Пособие для начального ознакомления с небом. Содержит звезды до 4.5 вел.

Следующей ступенью к изучению звездного неба является прекрасно изданный атлас:

Проф. А. А. Михайлов. Звездный атлас. Четыре карты звездного неба до 40° южного склонения, содержащие все звезды до 5½ величины. 2 дополненное издание Московского Общества Любителей Астрономии. МСК. 1920. 70 к.

Более полными, но значительно менее удобными для пользования являются:

Яков Мессер. Звездный атлас для небесных наблюдений. 2 общие карты северного и южного неба и 26 спец. карт звезд, видимых простым глазом, до 35° южного склонения. С пояснительным текстом (260 стр.) и 51 рис. в тексте 3 издание К. Л. Риккера. СПБ. 1901.

Проф. К. Покровский. Звездный атлас для всеобщего ознакомления с небом и систематических наблюдений. 13 карт, 12 таблиц., 15 сеток. С об‘яснительным текстом. (Дополнение к «Путеводителю по небу»). 3 издание. ГИЗ. Берлин. 1923. 1 р.

К достоинствам атласа Мессера можно отнести присутствие описаний созвездий, с указанием наиболее интересных небесных об‘ектов, и довольно обширных каталогов двойных звезд, звездных скоплений и туманностей. К недостаткам атласа относятся затрудняющее ориентировку большое количество карт при незначительной площади неба, захватываемой каждой картой. Содержит звезды приблизительно до 6.0 (*Н. Р.*).

Атлас Покровского содержит значительно больше звезд, но весьма неудобен для ориентировки по координатам (составлен для равноденствия 1855, α выражено в градусах, рамки сеток часто не совпадают с рамками карт). Удобен для наблюдения падающих звезд ввиду большой площади неба, охватываемой каждой картой, и наличия специальных вспомогательных карт для нанесения путей падающих звезд.

Проф. А. А. Михайлов. Атлас северного звездного неба. Содержит все звезды Потсдамской фотометрии. 15 карт северного полушария со звездами до 7.5 величины и две карты около полярных звезд для испытания инструментов. Издание Московского Общества Любителей Астрономии. 1 издание—1915. 2—1920.

Атлас можно весьма рекомендовать для наблюдателей, уже близко знакомых со звездным небом, в особенности для наблюдателей переменных звезд. К сожалению, атлас охватывает только северное полушарие до экватора.

Уже вышел из продажи и становится редкостью.

Вследствие бедности русской астрономической литературы звездными атласами является уместным указать наиболее подходящие для любителя иностранные звездные атласы:

R. Schurig. Himmels-Atlas, enthaltend alle mit blossen Augen sichtbaren Sterne beider Hemisphären. Leipzig. 1909.

Прекрасный атлас для начинающего, соединяющий полноту с возможностью легко ориентироваться.

P. Stuker. Stern-Atlas für Freunde der Astronomie, enthaltend die Sterne bis 7.5 nebst Katalog der wichtigsten. Veränderlichen, Doppelsterne, Sternhaufen und Nebel. Stuttgart 1925—1927. (Три самостоятельных отдельно продающихся части: экваториальная зона от $+30^\circ$ до -30°, северное и южное небо. Очень удобен в смысле удобства отсчета координат.

M. Beyer und K. Graff. Stern-Atlas, enthaltend alle Sterne bis zur 9 Grösse sowie die helleren Sternhaufen und Nebel zwischen dem Nordpol und 23° südlicher Declination für 1855.0. Hamburg. Teil I (Aequatorzone — 23° bis + 22°, 12 Blatt, 42 × 57) 1925. Teil II. (Nordhimmel + 20° bis 90°, 15 Blatt 42 × 57). 1928.

Несколько громоздкий и очень подробный атлас (звезды *Боннского Обозрения* до 9.3).

Литературу об инструментах и устройстве любительской обсерватории см. IV отдел.

Пособия для вычислений.

Иногда любителю может понадобиться для обработки своих наблюдений знание способов приближенных вычислений и в частности способа наименьших квадратов. Поэтому ниже мы приводим список нескольких пособий этого рода:

И. Н. Кавун. Приближенные вычисления (курс элементарный). 125 стр. ГИЗ. МСК. 1922.

Я. Безикович и *А. Фридман.* Приближенные вычисления. 132 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1925. 1 р. 40 к.

А. Ф. Гаврилов. Практика вычислений (приближенные вычисления). 168 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1926. 2 р.

Н. И. Идельсон. Уравнительные вычисления по способу наименьших квадратов. 192 стр. ГИЗ. МСК—ЛГ. 1927. 2 р. 40 к., в переплете 2 р. 55 к.

Проф. А. А. Иванов. Теория ошибок и способ наименьших квадратов. 56 стр. «Научное Книгоиздательство». Петроград. 1921. 40 к.

Проф. И. А. Иверонов. Способ наименьших квадратов и основы теории вероятности. 132 стр. ГТИЗ. МСК. 1927. 2 руб. 40 коп.

М. К. Вентцель. Интерполирование (глава из курса «Сферической астрономии»). 31 стр. Издание студентов Моск. Меж. Ин-та на правах рукописи для слушателей автора. МСК. 1927. 70 к.

Астрономические ежегодники.

Русский Астрономический Календарь. Переменная часть. Издание Нижегор. Кружка Любителей Физики и Астрономии. Нижний-Новгород. 2 р. Выходит ежегодно в конце года.

Необходимое пособие для каждого любителя астрономии.

Астрономический Ежегодник. Издание Астроном. Института. ЛГ. 2 р. 50 к.

Для любителя менее пригоден. Приближается по типу к крупным иностранным ежегодникам, как *Nautical. Almanac* и друг.

Периодические издания.

Единственным регулярно выходящим журналом, посвященным главным образом астрономии является:

Мироведение. (Ответств. редактор Д. О. Святский). Издание Главнауки и ГИЗ'а. 6 книг в год. Подписная цена на год с пересылкой 2 р. 50 к.

Необходим каждому любителю астрономии, как орган, об'единяющий любителей и содействующий их научным работам. Ставит своей задачей поднятие уровня и ценности любительских работ. Дает указания практического характера, печатает любительские наблюдения, дает сведения об открытиях, новых идеях, достижениях астрономии.

Астрономический журнал. (Ответств. редактор проф. В. Г. Фесенков). Издание Главнауки и ГИЗ'а. 4 книги в год. Подписная цена на год с пересылкой 8 р.

Является специальным органом и большинство его статей недоступно для любителя.

Целый ряд других периодических изданий по астрономии, выпускаемых Обсерваториями, Научными Институтами, Обществами и Кружками, здесь совсем не упоминается,

т. к. они выходят весьма неправильно и носят по большей части специальный характер.

Из журналов общего и естественно-научного характера серьезные, вполне научные статьи по астрономии и астрофизике встречаются в журналах:

Успехи физических наук. (Под редакц. акад. П. П. Лазарева и Э. В. Шпольского). Издание Главнауки и ГИЗ'а. 6 книг в год. Подписная цена на год с пересылкой 3 р.

Природа. (Ответств. редактор акад. А. Ферсман). Выходит ежемесячно. Издание Академии Наук СССР (КЕПС). Подписная цена на год с пересылкой 6 р.

Научное слово. (Ответств. редактор проф. О. Ю. Шмидт). ГИЗ. 10 книг в год. Подписная цена на год с пересылкой 8 рублей.

Астрономические статьи более популярного характера помещаются в ряде научно-популярных журналов, из которых упомянем лучшие:

Вестник Знания. (Ответств. редактор акад. С. Ф. Платонов). Издание П. П. Сойкина. Выходит два раза в месяц. Подписная цена на год с пересылкой 6 руб. (без приложений).

Искра. (Ответств. редактор Я. С. Хавинсон). ГИЗ. Выходит ежемесячно. Подписная цена на год с пересылкой 4 р. 50 к.

Приведенная библиография, конечно, не исчерпывает всех книг, которые нужны и полезны любителю астрономии. У многих из них могут появиться такие запросы, на которые они не найдут исчерпывающего ответа ни в одной из упомянутых книг, вообще говоря, бедной русской астрономической литературы. Это естественно и неизбежно и помочь этому весьма трудно, хотя бы мы и увеличили список книг в несколько раз. Поэтому Кружок просит всех любителей, оказавшихся в затруднительном положении в смысле подыскания соответствующей литературы, обращаться к нему.

В заключение укажем, что все находящиеся в продаже новые русские книги можно выписывать: Москва — 64.

Госиздат. Книга—Почтой; (можно выписывать и наложенным платежем; при высылке денег вперед пересылка бесплатно). Относительно старых книг обращаться к крупным букинистам Ленинграда и Москвы, об'явления которых часто появляются в центральных газетах. В отношении выписки иностранных книг следует обращаться: Москва—Центр. Кузнецкий мост, 18. Акц. О-во «Международная Книга».

Добавление.

Список статей, помещенных в приложениях к Русскому Астрономическому Календарю с 1895 по 1929.

Вып. I на 1895. *К. Д. Покровский.* 1) Солнечная система: Солнце, Луна, планеты. 2) Звездное небо. *С. В. Щербаков.* 1) Падающие звезды и кометы. 2) Земля: атмосфера, сжатие, размеры, тяжесть, плотность.

Вып. II на 1896. *М. А. Касаткин.* 1) Определение покрытий звезд и солнечных затмений графическим способом проф. Ковальского. 2) Формулы для вычисления высоты, час. угла, азимута и времени восхода и захода светила. *П. А. Оленин.* Краткий исторический справочник по астрономии. *К. Д. Покровский.* Астрономическая труба и приемы наблюдений *С. В. Щербаков.* 1) Ориентировка на небе и отыскание светил при помощи звездной карты и координат. 2) Подвижная карта зв. неба и ее употребление. 3) Построение простейших солнечных часов. 4) Спектральный анализ.

Вып. III на 1897. *К. Д. Покровский.* 1) Инструкция к набл. падающих звезд. 2) Успехи астрономии в 1895. *К. Д. Покровский* и *С. В. Щербаков.* Главнейшие пособия и книги по астрономии.

Вып. IV на 1898. *В. Грамматчиков.* 1) Устройство дешевого параллактического штатива. 2) Наблюдение Венеры днем. *К. Д. Покровский.* Успехи астрономии в 1896. *С. В. Щербаков.* Инструкция к наблюдениям солнечных пятен.

Вып. V на 1899. *С. Н. Блажко.* Фотографирование неба обыкновенной зрительной трубой и фотографической камерой. *К. Д. Покровский.* Успехи астрономии в 1897. *Р. Фогель.* Новый способ для определения широты и времени.

Вып. VI на 1900. *С. Н. Блажко.* Планета Эрос. *В. Ларионов.* Определение покрытий звезд и солн. затмений способом проф. Ковальского. *Михайлов А. Андр.* Исполинская труба на предстоящей всемирной выставке в Париже. *К. Д. Покровский.* Успехи астрономии в 1898. *С. В. Щербаков.* Старый и новый стиль.

Вып. VII на 1901. *С. Н. Блажко.* 1) Успехи астрономии в 1899. 2) Метеор 10/23 августа 1900. *В. К. Цераский.* Несколько слов об астрофотометрии в ее современном состоянии.

Вып. VIII на 1902. *М. Н. Ивановский.* Описание новой Энгельгардтовской астрономической Обсерватории Казанского Ун-та. *К. Д. Покровский.* 1) Астрофотографические работы Московской Обсерватории 2) Наблюдения Персеид. *С. Б. Шарбе.* Определение высоты падающих звезд. *С. В. Щербаков.* Памяти К. И. Каплина-Тезикова.

Вып. IX на 1903. *С. П. Глазенап.* Солнечный треугольник *К. Д. Покровский.* 1) Успехи астрономии в 1901. 2) Новая звезда в Персее. *С. Б. Шарбе.* Стереоскоп в астрономии. *И. И. Шенрок.* Вычисление затмений Солнца и покрытий звезд Луною для данного места на земной поверхности.

Вып. X на 1904. *С. П. Глазенап.* Определение времени солн. треугольником. *К. Д. Покровский.* Успехи астрономии в 1902. *Р. Фогель.* Графическое решение некоторых вопросов, касающихся суточного движения небесного свода. *В. К. Цераский.* Фотографические наблюдения двойных звезд на Московской Обсерватории *С. Б. Шарбе.* Еще о стереоскопе в астрономии. *И. И. Шенрок.* Определение положения на земной поверхности точек и кривых линий, относящихся к данному затмению.

Вып. XI на 1905. *С. П. Глазенап.* Определение времени солнечным кольцом. *М. Н. Ивановский.* Как улучшить свои часы. *С. К. Костинский.* Ф. А. Бредихин. *К Д. Покровский.* 1) Успехи астрономии в 1903. 2) Теория кометных хвостов. 3) Теория метеорных потоков. *С, Б. Шарбе.* Наблюдения падающих звезд.

Вып. XII на 1906. *К. Д. Покровский.* 1) Успехи астрономии в 1904. 2) Применение беспроволочного телеграфа к определению долготы. *С. Б. Шарбе.* Табл. больших планет.

Вып. XIII на 1907. *С. Н. Блажко.* Определение пути метеора в атмосфере. *С. П. Глазенап.* Определение времени и географической широты с помощью солн. кольца. *В. К. Цераский.* Окуляр для детального изучения солн. пятен. *Э. Шенберг.* 1) Успехи астрономии в 1905. 2) Простой способ предвычисления покрытий звезд Луною. *И. И. Шенрок.* Вычисление точек изохрон начала и конца солн. затмения.

Вып. XIV на 1908. *С. К. Костинский.* По поводу Бредихинского короткофокусного астрографа. *Н. М. Ляпин.* Строение кольца малых планет. *Э. Шенберг.* Успехи астрономии в 1906.

Вып. XV на 1909. *Н. М. Ляпин.* Фотографическая карта и каталог неба. *В. И. Соколов.* Измерение угловых расстояний между далекими предметами. *В. К. Цераский.* Утилизация солнечной теплоты, *Э. Шенберг.* Успехи астрономии в 1907. *Ю. В. Вульф.* Способ графического решения задач по космографии и физической географии (статья была выпущена отдельным приложением).

Вып. XVI на 1910. *С. Н. Блажко.* Комета Галлея. *В. В. Мурашев.* И. И. Шенрок. *И. Ф. Полак.* 1) Успехи астрономии в 1908. 2) Комета Галлея.

Вып. XVII на 1911. *К. Л. Баев.* Фотографирование планеты Марс в Пулкове в оппозицию 1909. *С. К. Костинский.* Две новых звезды с заметным собственным движением, открытым стереоскопически. *А. А. Михайлов.* Определение долготы из наблюдений покрытий звезд Луною. *И. Ф. Полак.* Успехи астрономии в 1909. *В. И. Соколов.* Неравенства движения Луны.

Вып. XVIII на 1912. *К. Л. Баев.* Новое фотографическое определение звездной величины Солнца. *В. В. Каврайский.* Определение времени без астрономических инструментов и тригонометрических вычислений. *Н. М. Ляпин.* Деформации земного шара под влиянием лунно-солнечного притяжения в связи с методами определения твердости Земли. *В. Е. Мурашкинский.* Наблюдения β Возничего селеновым фотометром. *И. Ф. Полак.* Успехи астрономии в 1910.

Вып. XIX на 1913. *В. В. Каврайский.* Графический способ определения видимого соединения Луны со звездою

по прямому восхождению. *А. А. Михайлов.* 1) Номограмма для упрощения предвычисления лунных покрытий. 2) Фотографирование солнечного затмения. *Н. Ф. Платонов.* Солнечная рама. *И. Ф. Полак.* Успехи астрономии в 1911.

Вып. XX на 1914. *А. Н. Высотский.* 1) Наблюдения переменных звезд. 2) Комета Энке в 1914. *В. В. Каврайский.* Картографическая сетка из прямых линий для определения часовых углов светил на горизонте, в первом вертикале и в элонгации. *С. К. Костинский.* Распределение в мировом пространстве ближайших к нам звезд. *И. Ф. Полак.* Успехи астрономии в 1912. *С. В. Щербаков.* Движение полного солн. затмения по Земле.

Вып. XXI на 1915. *А. Н. Высотский.* Главная Астрономическая Обсерватория в Пулкове. *Н. М. Ляпин.* Гриничская Обсерватория в прошлом. *И. Ф. Полак.* Успехи астрономии в 1913.

Вып. XXII на 1916. *И. В. Кандауров.* Экваториальная солнечная рама (часы и календарь). *А. А. Михайлов.* Часы и время у любителя астрономии. *И. Ф. Полак* Успехи астрономии в 1914.

Вып. XXIII на 1917. *К. Л. Баев и Э. К. Эпик.* Успехи астрономии в 1915. *И. В. Кандауров.* Новая конструкция теллурия. *Н. М. Ляпин.* Гриничская обсерватория в настоящем. *П. И. Яшнов.* 1) О. А. Баклунд. 2) Краткие сведения о комете Энке-Баклунда.

Вып. XXIV на 1918. *К. Л. Баев и К. А. Боборицкий.* Успехи астрономии в 1916. *Н. И. Судаков.* Астрофотография в средней школе.

Вып. XXV на 1919. *К. Л. Баев и К. А. Боборицкий.* Успехи астрономии в 1917. *А. А. Михайлов.* Призматические бинокли. *К. Д. Покровский.* Смещение радиантов метеорных потоков. *Е. С. Томашевич.* Увеличение зрительной трубы. *С. В. Щербаков.* Четверть века назад (к 25-летию Русского Астрономического Календаря). *А. А. Эйхенвальд.* Большие и малые расстояния.

В 1920, 1921, 1922 Календарь не печатался:

Вып. XXVI на 1923. *К. Л. Баев.* Исследования Зундмана и их значение в задаче о трех телах. *Г. Г. Горяинов.*

Международное (поясное) время *Н. М. Ляпин.* Способ приближенного определения широты из наблюдения продолжительности восхождения солнечного диска. *Г. А. Тихов.* Необходимость новых исследований дисперсии света в земной атмосфере.

Вып. XXVII на 1924. *С. Н. Блажко.* Об установке параллактического штатива, ч. I. *П. П. Лазарев.* Аномалия земного магнетизма и тяготения в Курской губ. *В. Л.* К предстоящему великому противостоянию Марса 23 авг. 1924. *К. Д. Покровский.* 1) Успехи астрономии. 2) С. П. Глазенап. *В. В. Татаринов.* Радиотелеграфные сигналы времени. *Г. А. Тихов.* Цвет Земли и Луны.

Вып. XXVIII на 1925. *М. А. Борчев.* Подзорные трубы. *С. Н. Блажко.* 1) Об установке параллактического штатива, ч. II. 2) Научные работы В. К. Цераского. *С. А. Казаков.* 3-й С'езд Всероссийского Астрономического Союза. *Л. А. Кулик.* Инструкция для наблюдений над падением болидов. *В. С. Лазаревский.* Наблюдения Марса осенью 1924 в Н.-Новгороде. *Е. Я. Перепелкин.* Наблюдения великого противостояния Марса в Крыму в 1924. *С. В. Муратов.* Выбор места, пригодного для постройки астрономической обсерватории. *М. Е. Набоков.* Ближайшие звезды. *К. Д. Покровский.* В. К. Цераский. *А. Н. Розанов.* Упрощенный способ определения солнечных пятен в элементах Кэррингтона. *В. В. Шаронов.* Счет солнечных пятен.

Вып. XXIX на 1926. *А. Н. Высотский.* Измерение звездных параллаксов при помощи фотографии. *Г. Г. Горяинов.* Памяти учителя — Камилла Фламмариона. *Л. А. Кулик.* Инструкция для наблюдения отдельных метеоров, болидов и метеоритов. *Д. Я. Мартынов.* Карта поверхности Марса по наблюдениям в оппозицию 1924. *М. Е. Набоков.* Астрономический зонт. *И. Ф. Полак.* Успехи астрономии в 1924. *Е. Я. Перепелкин.* Геометрический способ обработки рисунков планет и составление карты поверхности. *В. И. Соколов.* Движение лунных узлов. *Х. Шепли* (*H. Shapley*). Галактическая система.

Вып. XXX на 1927. *А. А. Белопольский.* Физическое строение кометных хвостов. *А. Н. Высотский.* Исследование собственных движений 300 слабых звезд в созв. Лебедя.

Н. И. Идельсон. Три годовщины (Ньютон, Лаплас, Леверрье). *А. С. Миролюбова.* Некоторые закономерности в системах двойных звезд. *И. Ф. Полак.* Успехи астрономии в 1925. *И. И. Путилин.* Радиосигналы времени Феодосийской радиостанции. *Дж. Хэль (J. Hale).* 1) Звезды-гиганты. 2) 50-футовый интерферометр. *Х. Шепли (H. Shapley).* Распределение звезд.

Вып. XXXI на 1928. *К. Г. Богданович.* Любительские обсерватории. *А. В. Виноградов.* Поэт науки—Жюль Верн и его астрономические романы. *М. А. Касаткин.* Видимое положение и величина освещенной части лунного диска. *Н. Н. Кузнецов.* Дневные наблюдения Венеры. *Э. Мора (Enzo Mora).* Одновременные исчезновения спутников Юпитера. *П. П. Паренаго.* Наблюдения яркости планет. *К. Д. Покровский.* А. А. Белопольский. *И. Ф. Полак.* Успехи астрономии в 1926. *Г. А. Тихов.* Главнейшие способы определения цвета звезд.

Вып. XXXII на 1929. *И. С. Астапович.* Метеорные потоки южного полушария. *К. Г. Богданович.* Фотографические испытания астрономических обективов. *М. А. Борчев.* Проект 200-дюймового телескопа. *А. В. Виноградов.* Скромный юбилей любительской астрономии. *И. В. Кандауров.* Теллурий. *М. Е. Набоков.* Некоторые номограммы для наблюдателей. *И. Ф. Полак.* Успехи астрономии в 1927. *Н. П. Санютин.* Наблюдения поверхности планет средствами астронома-любителя. *Д. О. Святский.* Программа изучения народной космографии. *С. М. Селиванов.* Определение размеров комет. *Л. В. Сорокин.* Гравитационный вариометр Этвеша. *С. Б. Шарбе.* Номограммы для получения поправок времени.

Алфавитный список авторов статей, помещенных в приложениях к Русскому Астрономическому Календарю с 1895 по 1929.

Цифры в скобках после фамилии указывают год.

ИЗДАНИЯ НИЖЕГОРОДСКОГО КРУЖКА ЛЮБИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

I. РУССКИЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

ПЕРЕМЕННАЯ ЧАСТЬ **ВЫХОДИТ ЕЖЕГОДНО**

Предшествующие выпуски имеются за след. годы:

1904—35 к.	1915—35 к.	1925— — р. 50 к.
1906—35 к.	1918—35 к.	1926— — р. 50 к.
1907—50 к.	1919—50 к.	1927— — р. 75 к.
1908—35 к.	1923—20 к.	1928— 1 р. 20 к.
1912—35 к.	1924—35 к.	1929— 2 р. — к.

ЗА ОСТАЛЬНЫЕ ГОДЫ КАЛЕНДАРЬ РАСПРОДАН.

В 1920, 1921 и 1922 Календарь не печатался.

ПОСТОЯННАЯ ЧАСТЬ

ВЫШЛО IV ИЗДАНИЕ

II. ЗВЕЗДНАЯ КАРТА

ДЛЯ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ОЗНАКОМЛЕНИЯ С НЕБОМ;

содержит около 450 звезд до 4.5 величины до 30° южного склонения. Диаметр карты 48 см. Звездная карта и об'яснения к ней составлены астрономом Пулковской Обсерватории *П. И. Яшновым.*

II ИЗДАНИЕ 1921. **Цена 20 коп.**

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ.

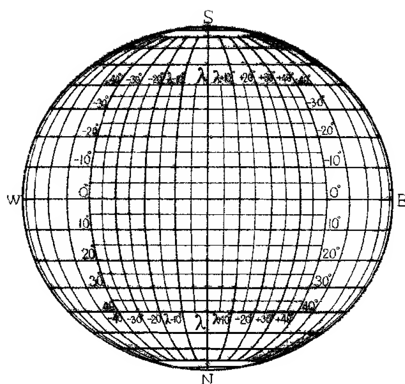
				Напечатано:	Следует:
Стран.	18	стр.	8 снизу	создали	создали
»	28	»	9 »	$H=1:\delta m=-\delta\cdot m$	$H=1:\delta m=\delta\cdot m$
»	34	»	11 »	0.1 парсека	10 парсеков
»	61	»	3 сверху	дугой экватора GA	дугой экватора $GAQQ_1$
»	210	»	16-15 снизу	в таком слае $x=d\gamma= =x'(T'-\lambda-T_0)+x'd\lambda;$ $y=y_0+y'(T'-\lambda'-Ty_0+y).$	в таком случае $x= =x'(T'-\lambda'-T_0)+x'd\lambda$ $y=y_0+y'(T'-\lambda'-T_0)+y'd\lambda$
»	210	»	18-17 снизу	$x=x'(T'-\lambda-T_0);$ $y=y_0+y'(T'-\lambda-T_6).$	$x=x'(T'-\lambda'-T_0);$ $y=y_0+y'(T'-\lambda'-T_0).$
»	223	»	7-10 »	Прейнич	Прейпич
»	265	»	7 сверху	Md_1	Md'
»	266	»	5 »	сказывается с	сказывается в
»	321	»	1 снизу	=5 *мм.*	=50 *мм.*
»	362	»	2 сверху	θ Жирафа	β Жирафа
»	418	»	1 снизу	Xz	Zz
»	419	»	1 »	протекшее 1900	протекшее с 1900
»	422	(Марс, сила тяжести на экваторе)		1.38	0.38
»	444	»	12 снизу	широт от 40° до 60°	широт от 40° до 64°
»	471	стр.	1 »	5.8-6.7 ‖ ‖ 140	5.8-6.7 ‖ 6 ‖ 140
»	474	»	2 »	7.29—6.37=1.08	7.29—6.37=0.92
»	474	»	1 »	6.37—0.34=6.03	6.37—0.39=5.98
»	483	»	14 »	2.3 | 5.3	2.3 | 3.5

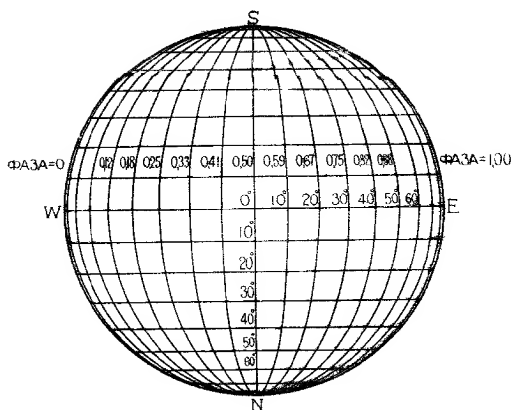
В статье «*Радиосигналы времени*» следует внести следующие изменения и дополнения и исправить опечатки.

Стр. 213. Ср. Гр. время передачи Ленинграда: 10 ч. 0 м. и 19 ч. 0 м.; характер сигналов: ▬ ▬ •

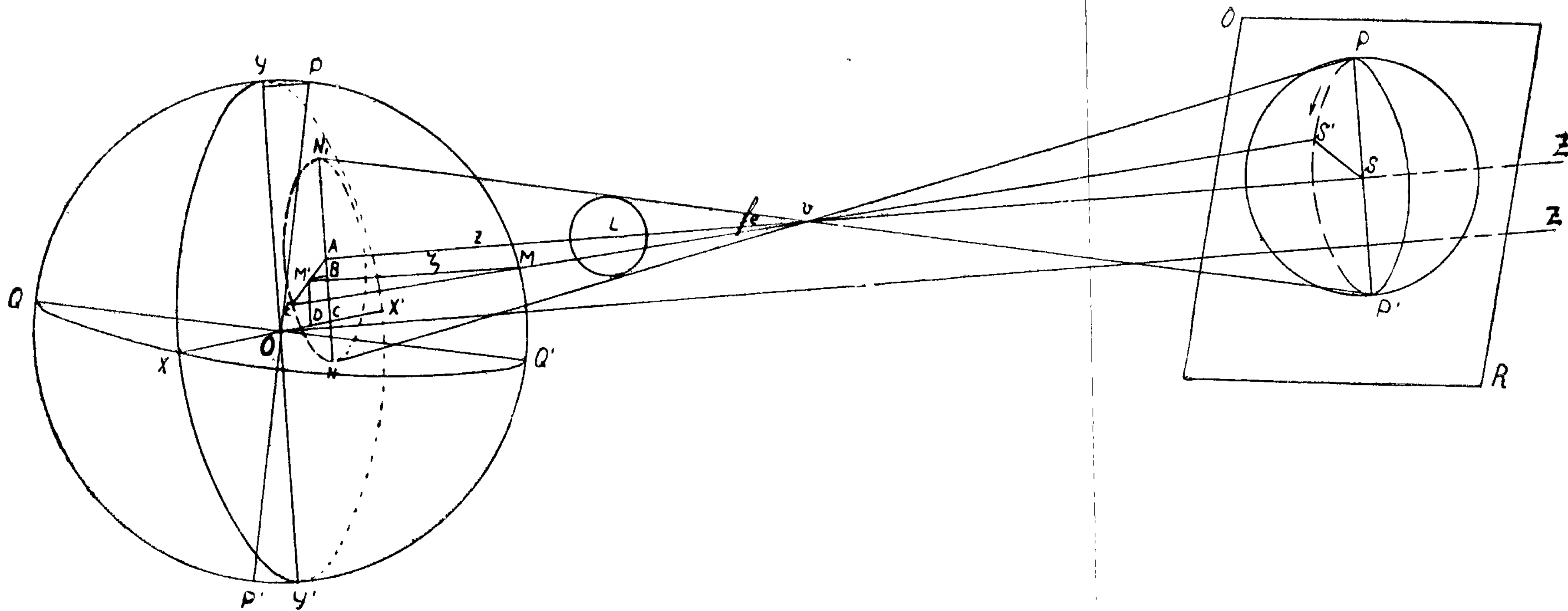
215. Первые три столбца табл. III, начиная с Сайгона, надо опустить на 2 строки ниже.

	Напечатано:	Следует:
214. Позывные Науэна	*POZ*	*DFY*
» Парижа	*FL*	*FLJ*
» Бордо	*LY*	*FYL*
» Ташкент	*RKU*	*RA* 27, λ 710
Время передачи ст. Ташкент	16 ч. 58 м. 0 с. — 17 ч. 6 м. 0 с.	18 ч. 1 м. 0 с. — 18 ч. 6 м. 0.
215. Ст. Париж.	λ 15800	λ 15900
216. Строка 4 сверху	*Х*	*Ж*
» 9 »	от 58^m 56^s до 59^m 00^s	от 58^m 55^s до 59^m 00^s
» 13 »	*Х*	*Ж*

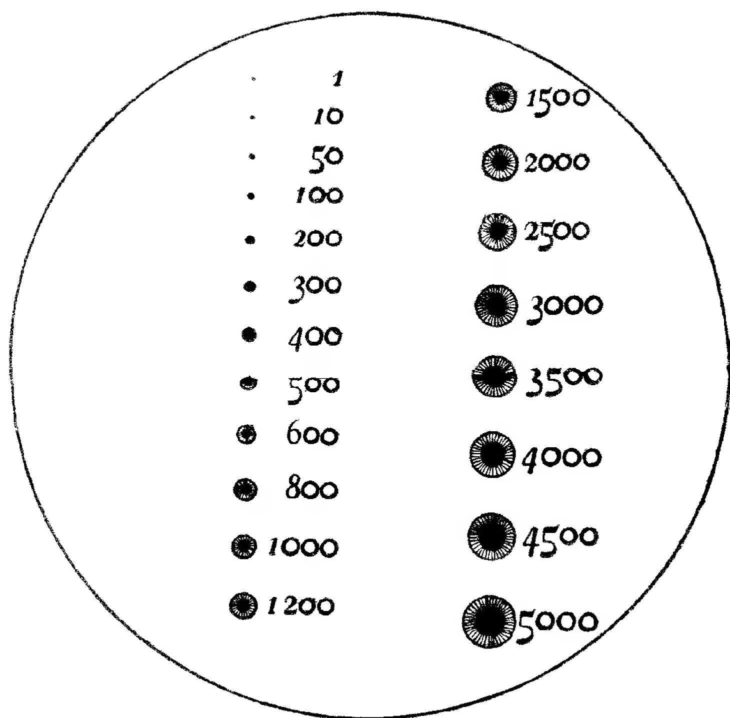




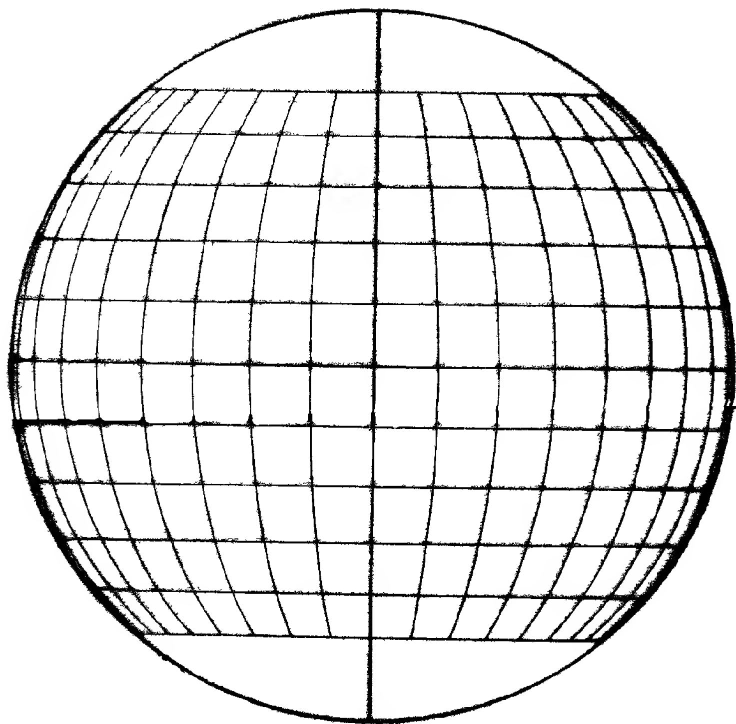
Приложение к "Инструкции для наблюдений планет
Пост. ч. Рус. Астр. Кал., IV изд.



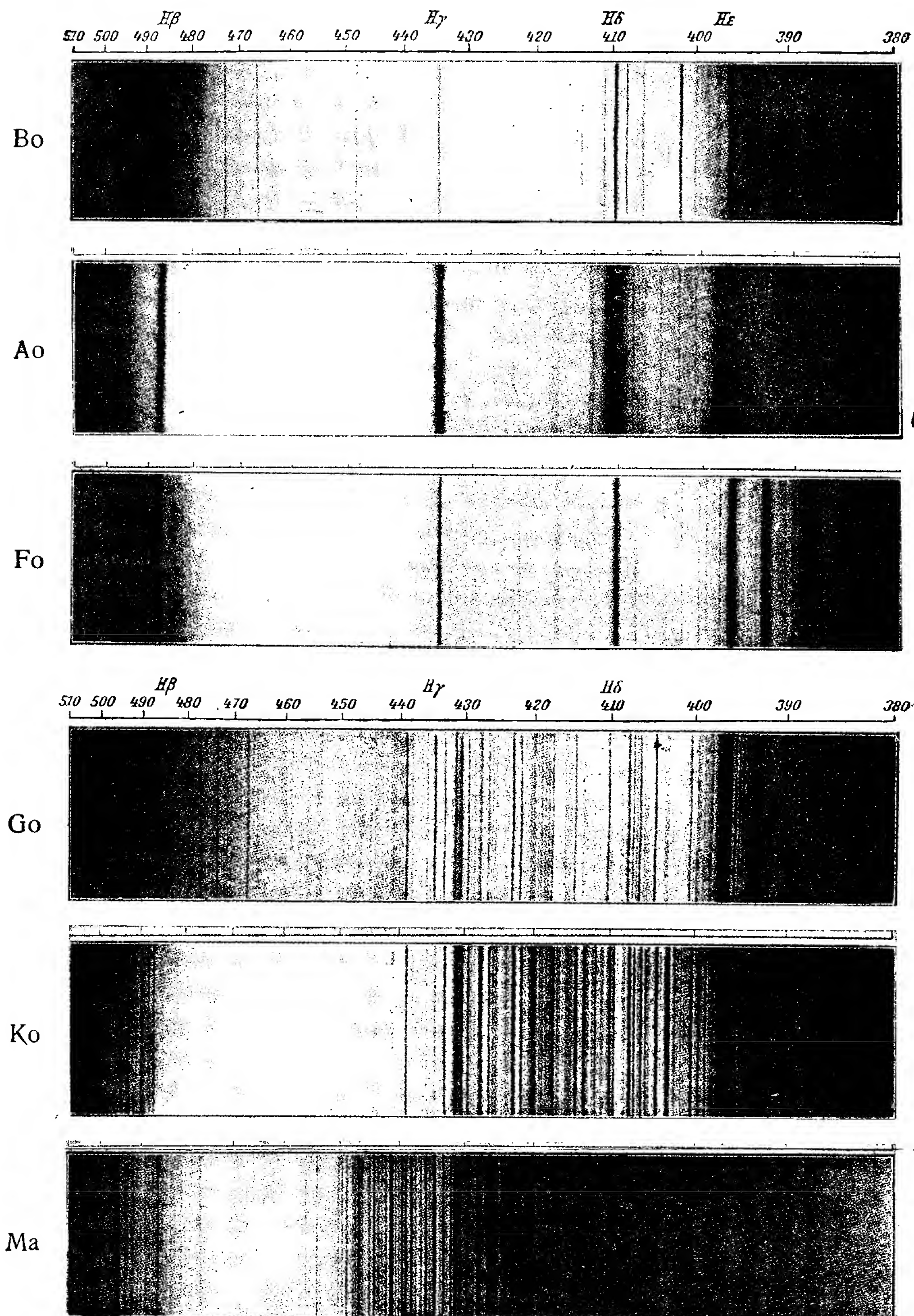
Черт. 43.



Приложение к “Инструкции для наблюдений Солнца”
Пост. ч. Рус. Астр. Кал. IV изд.

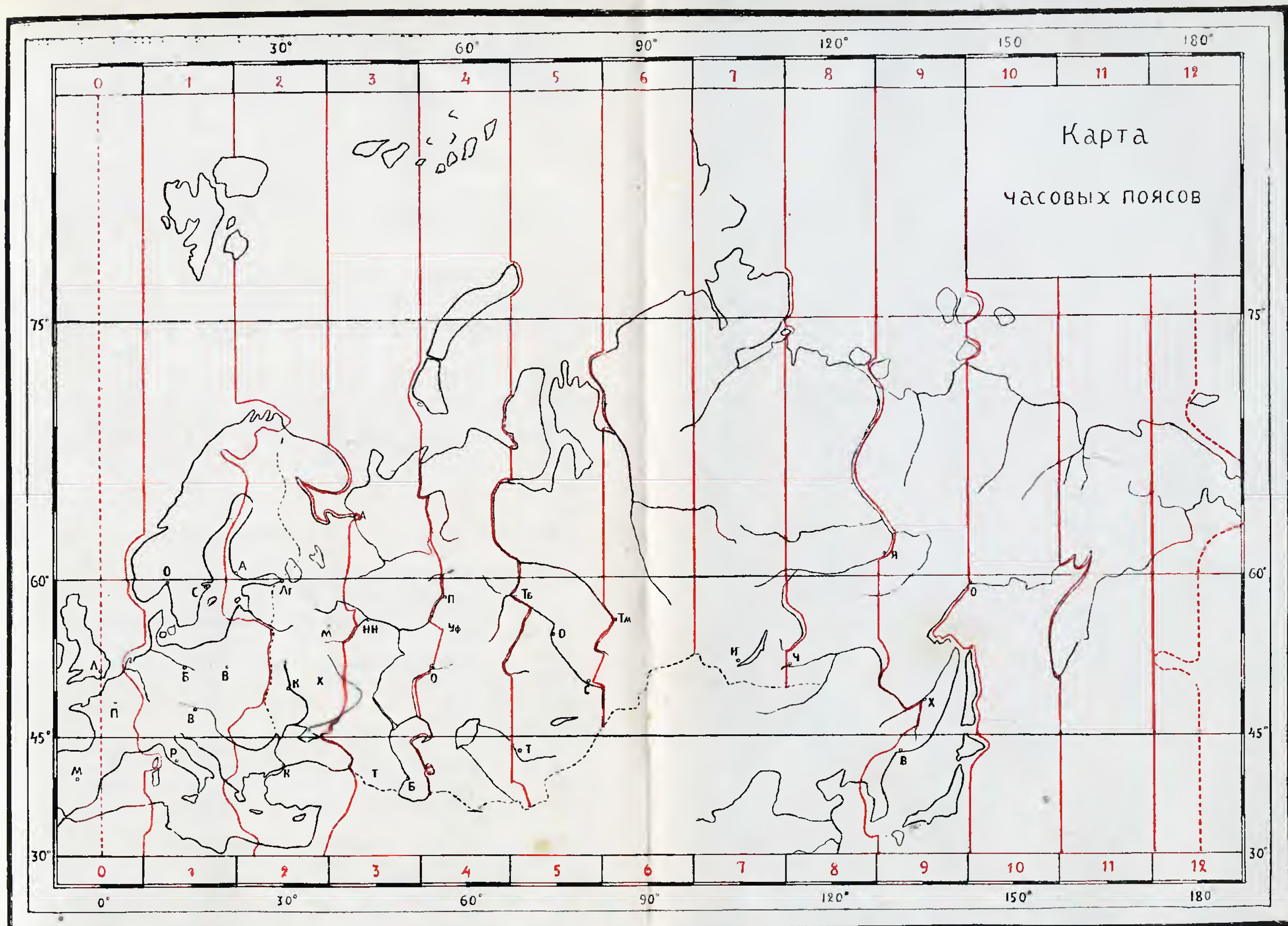


Приложение к "Инструкции для наблюдений Солнца"
Пост. ч. Рус. Астр. Кал. IV изд.

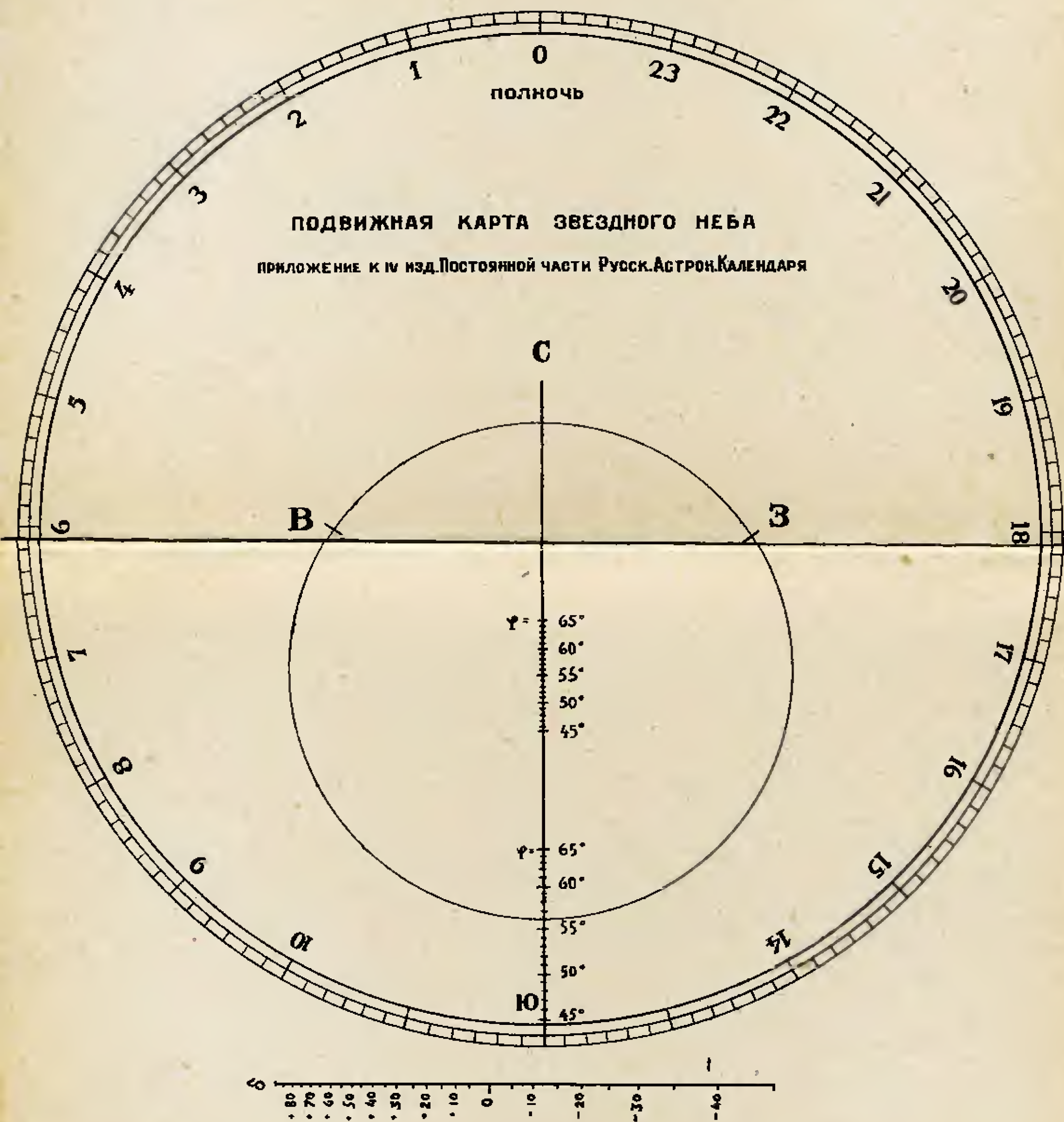


Спектры звезд.

Bo — ε Ориона; Ao — α Б. Пса; Fo — α Киля;
Go — α Возничего; Ko — α Волопаса; Ma — α Ориона.


Карта
часовых поясов
0° 30° 60° 90° 120° 150° 180°
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
75° 60° 45° 30°
А
О
С
А
Лг
П
Тб
Тм
Я
О
М
НН
Уф
О
Л
Б
В
К
Х
О
С
И
Ч
Х
П
В
Р
К
Т
Б
Т
В
М





ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА
ПРИЛОЖЕНИЕ К IV ИЗД. ПОСТОЯННОЙ ЧАСТИ РУССК. АСТРОН. КАЛЕНДАРЯ
ПОЛНОЧЬ
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
С
В
З
Ю
φ = 65°
60°
55°
50°
45°
φ = 65°
60°
55°
50°
45°
δ
+80
+70
+60
+50
+40
+30
+20
+10
0
-10
-20
-30
-40